

## **General Disclaimer**

### **One or more of the Following Statements may affect this Document**

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

“Made available under U.S. sponsorship  
in the interest of early and wide dis-  
semination of Earth Resources Survey  
Program information and without liability  
for any use made thereof.”

E83-10251

CR-170255



RECEIVED BY

NASA STI FACILITY

DATE

DCAF NO.

PROCESSED BY

☒ NASA STI FACILITY

☐ ESA - SDB ☐ AIAA

(E83-10251) EVALUATION OF AREAS PREPARED  
FOR PLANTING USING LANDSAT DATA M.S. Thesis  
(Instituto de Pesquisas Espaciais, Sao Jose)  
76 p HC A05/MF A01

CSCI 08E

N83-23656

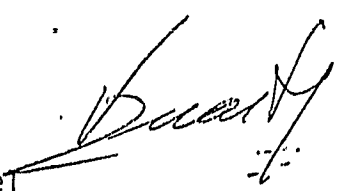
Unclas

G3/43 00251



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

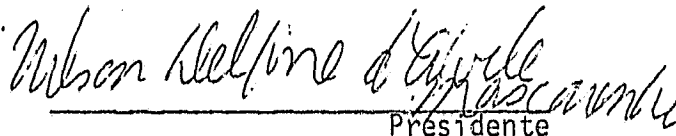
ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

1. Publicação nº <i>INPE-2637-TDL/113</i>	2. Versão	3. Data <i>Fev., 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa  <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DRH-DDS-DSR</i>	Programa <i>FRH/SER</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es)  <i>AValiação de áreas                      DADOS LANDSAT</i> <i>SOLO PREPARADO                      INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA E VISUAL</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:631</i>			
8. Título  <i>AValiação de áreas preparadas para plantio (soloncu)</i> <i>utilizando dados do satélite LANDSAT</i>		10. Páginas: <i>75</i>	
		11. Última página: <i>E.2</i>	
		12. Revisada por  <i>Icaro Vitorello</i>	
9. Autoria <i>Getúlio Vargas de Assunção</i> <i>Valdete Duarte</i>		13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i>	
Assinatura responsável 			
14. Resumo/Notas  <i>Este trabalho teve como objetivo: a) estabelecer uma metodologia para estimar áreas de solo preparado para plantio, através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto com ênfase na análise visual e automática de dados MSS e análise de dados RBV de satélite LANDSAT; b) verificar o algoritmo mais eficiente para determinar áreas preparadas para plantio utilizando o analisador de imagens multiespectrais (Image-100); c) acompanhar a dinâmica das áreas preparadas para plantio em função de três datas de aquisição de imagens e; d) verificar os alvos que se confundem com o solo preparado. Para isso utilizou-se uma área de estudo na DIRA de Ribeirão Preto. Foi feito um tratamento automático usando três diferentes algoritmos (SINGLE-CELL, MAXVER e MÉDIA K). Posteriormente foram obtidos diapositivos que foram projetados e interpretados visualmente. Os resultados obtidos mostram que: a) o algoritmo MAXVER apresentou um melhor desempenho de classificação correta; b) foi possível fazer um acompanhamento da dinâmica das áreas agrícolas utilizando dados das três datas em estudo; c) as massas d'água, áreas de pastagem degradada, áreas urbanas e áreas em pousio confundiram-se com as de solo preparado; d) a técnica de projeção de diapositivos permitiu atingir resultados satisfatórios além de reduzir o tempo gasto no Image-100.</i>			
15. Observações <i>Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações</i> <i>aprovada em 20 de agosto de 1982.</i>			

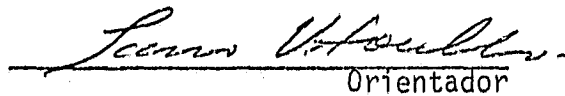
ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

Aprovada pela Banca Examinadora  
em cumprimento a requisito exigido  
para a obtenção do Título de Mestre  
em Sensoriamento Remoto

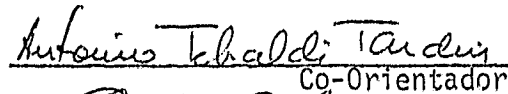
Dr. Nelson Delfino d'Ávila Mascarenhas

  
Presidente

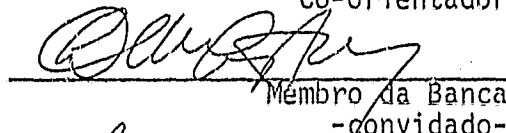
Dr. Ícaro Vitorello

  
Orientador

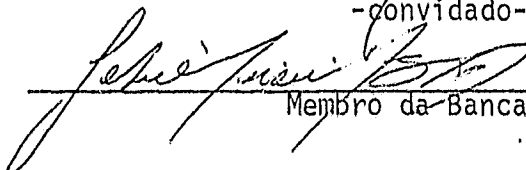
Eng. Agro. Antonio Tebaldi Tardin, MSc.

  
Co-Orientador

Dr. Liovando Marciano da Costa

  
Membro da Banca  
-convidado-

Dr. Getúlio Teixeira Batista

  
Membro da Banca

Candidatos: Getúlio Vargas de Assunção

Valdete Duarte

São José dos Campos, 20 de agosto de 1982



ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

ABSTRACT

The objectives of this work were: a) to establish a methodology to estimate areas of cultivated soil for planting, through the use of remote sensing techniques with emphasis on visual and digital analysis of MSS data and visual analysis of RBV data from LANDSAT satellite; b) to determine the most efficient algorithm for cultivated area estimation using the interactive multispectral image analysis system (Image-100); c) to verify the changes in cultivated areas as a function of three acquisition dates, and; d) identify the targets that are frequently mistaken with cultivated soils. A study area in the Ribeirão Preto DIRA was used in this work. An automatic interpretation of the LANDSAT data was made using three different algorithms (SINGLE-CELL, MAXVER and MEDIA K). After, photographic transparencies were obtained, projected and visually interpreted. The results obtained show that: a) the MAXVER algorithm presented a better classification performance; b) the verification of the changes in cultivated areas using data from the three different acquisition dates was possible; c) the water bodies, degraded lands, urban areas, and fallow fields were frequently mistaken by cultivated soils; d) the use of projected photographic transparencies furnished satisfactory results, besides reducing the time spent on the Image-100 system.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS .....	<i>vii</i>
LISTA DE TABELAS .....	<i>ix</i>
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u> .....	1
1.1 - Definição e importância dos solos .....	3
<u>CAPÍTULO 2 - MATERIAL</u> .....	9
2.1 - Localização da área de estudo .....	9
2.2 - Descrição dos solos da área de estudo .....	11
2.3 - Clima da área de estudo .....	15
2.4 - Fotografias aéreas .....	15
2.5 - Imagens fotográficas de satélite .....	15
2.6 - Fitas compatíveis com computador, (CCT) .....	17
2.7 - IMAGE-100 .....	18
<u>CAPÍTULO 3 - MÉTODOS</u> .....	21
3.1 - Interpretação visual das fotografias aéreas .....	21
3.2 - Trabalho de campo .....	23
3.3 - Tratamento automático dos dados .....	24
3.4 - Obtenção das amostras de treinamento .....	25
3.5 - Cálculo do desempenho do tratamento automático .....	26
3.6 - Interpretação visual utilizando diapositivos .....	28
3.7 - Avaliação da técnica de projeção de diapositivos .....	31
3.8 - Cálculo da área .....	31
<u>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	35
4.1 - Resultados alcançados com a interpretação visual das fotogra fias .....	35
4.2 - Resultados obtidos com o tratamento automático .....	35
4.2.1 - Resultados obtidos utilizando o algoritmo SINGLE-CELL ...	36
4.2.2 - Resultados obtidos utilizando o algoritmo MAXVER .....	37
4.2.3 - Resultados obtidos utilizando o algoritmo MÉDIA K .....	38
4.2.4 - Comparação do desempenho de classificação dos três algorit mos utilizados .....	40

4.2.5 - Resultado obtido com o acréscimo de uma classe de solo preparado na utilização do algoritmo MAXVER .....	42
4.2.6 - Comparação dos resultados obtidos utilizando o algoritmo MAXVER com 2 e 3 classes de solo preparado .....	43
4.3 - Resultados da interpretação visual utilizando diapositivos.	44
4.3.1 - Verificação da evolução de áreas preparadas para plantio.	44
4.3.2 - Interpretação visual de diapositivos versus fotografias aéreas .....	46
4.4 - Resultados da interpretação visual das imagens RBV .....	47
<u>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES</u> .....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
APÊNDICE A - MAPA-BASE QUE MOSTRA O RESULTADO DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS PARA O MÓDULO 1	
APÊNDICE B - MAPA-BASE QUE MOSTRA O RESULTADO DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS PARA O MÓDULO 2	
APÊNDICE C - MAPA QUE MOSTRA A EVOLUÇÃO DAS ÁREAS PREPARADAS PARA PLANTIO EM FUNÇÃO DAS TRÊS DATAS EM ESTUDO	
APÊNDICE D - RESULTADO COMPARATIVO ENTRE AS INTERPRETAÇÕES VISUAIS DO DIAPOSITIVO E DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS PARA O MÓDULO 1	
APÊNDICE E - RESULTADO COMPARATIVO ENTRE AS INTERPRETAÇÕES VISUAIS DO DIAPOSITIVO E DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS PARA O MÓDULO 1	

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Curvas de reflectância do solo para vários teores de umida de .....	5
1.2 - Curvas de reflectância espectral do solo, que ilustram o efeito da remoção de óxido de ferro .....	6
2.1 - Mapa de localização das áreas de estudo sobre a Carta de So los do Estado de São Paulo na escala de 1:500.000 .....	10
2.2 - Mapa esquemático da localização das duas classes de solos estudados .....	13
3.1 - Regressão entre os valores de áreas de solo preparado, ob tida para as escalas de 1:20.000 e 1:101.319 .....	34

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Área e percentagem das classes de solo que ocorrem no Estado de São Paulo .....	11
2.2 - Canais do sensor MSS e respectivas faixas de atuação .....	16
3.1 - Legenda utilizada na interpretação visual das fotografias aéreas .....	21
3.2 - Resultados da contagem de área dos talhões obtidos através de grade milimetrada para as duas escalas em estudo .....	33
4.1 - Resultado quantitativo da utilização do algoritmo SINGLE-CELL no Módulo 1 (em ha) .....	36
4.2 - Resultado quantitativo da utilização do algoritmo SINGLE-CELL no Módulo 2 (em ha) .....	37
4.3 - Resultado quantitativo da utilização do algoritmo MAXVER no Módulo 1 (em ha) .....	38
4.4 - Resultado quantitativo da utilização do algoritmo MAXVER no Módulo 2 (em ha) .....	38
4.5 - Resultado quantitativo da utilização do algoritmo MÉDIA K no Módulo 1 (em ha) .....	39
4.6 - Resultado quantitativo da utilização do algoritmo MÉDIA K no Módulo 2 (em ha) .....	40
4.7 - Desempenho da classificação dos algoritmos SINGLE-CELL, MAXVER e MÉDIA K para o Módulo 1. ....	40
4.8 - Desempenho da classificação dos algoritmos SINGLE-CELL, MAXVER e MÉDIA K para o Módulo 2 .....	41
4.9 - Resultado da classificação do Módulo 1, em ha, utilizando o algoritmo MAXVER com três classes de solo preparado ....	42
4.10 - Desempenho da classificação utilizando o algoritmo MAXVER com duas e três classes de solo preparado .....	44
4.11 - Distribuição mensal do plantio das principais culturas existentes na área de estudo .....	46

## CAPÍTULO 1

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

### INTRODUÇÃO

O problema da produção agrícola é algo que deve ser encarado com preocupação em face da deficiência de alimentos que atinge grande parte da população do globo.

Atualmente, dois terços da população mundial sobrevive em regiões onde áreas com potencial para utilização na agricultura são mal aproveitadas. Nestas regiões a produção de alimentos não é suficiente para atender às suas necessidades. Parte desta deficiência é suprida pelo excedente de produção que ocorre em outras regiões que utilizam tecnologia avançada e, conseqüentemente, com melhor aproveitamento das áreas cultiváveis. Porém, o que se tem observado é que tanto o excedente quanto o déficit de produção, para estas regiões, sofrem flutuações causadas por diversos fatores que vão desde os climáticos até aqueles referentes a políticas governamentais.

Com a finalidade de controlar o abastecimento interno e a exportação de produtos agrícolas, além de fomentar o plantio de determinadas culturas, desestimular outras e estimar os prejuízos causados por fenômenos climáticos e ambientais, a previsão de safras tem tomado um impulso muito grande nos últimos tempos. Estas previsões, quando obtidas no início do ano agrícola, permitem ao país um planejamento adequado no sentido de contornar o problema da escassez ou de excesso de um determinado produto.

A quantidade de área ocupada com determinada cultura constitui um dos principais parâmetros envolvidos no cálculo das estimativas na previsão de safras. Este parâmetro é difícil de ser conseguido com exatidão visto que os próprios agricultores geralmente desconhecem o quanto de área cultivada possuem. Esta área é avaliada, atualmente, pelo método convencional, através de entrevistas feitas junto aos agricul

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

tores, extensionistas rurais, gerentes de bancos e pessoas ligadas ao fornecimento de insumos e equipamentos agrícolas. Outra forma de obtenção destes dados é através de levantamento aerofotográfico que fornece uma boa aproximação da realidade.

Ambos os métodos apresentam desvantagens: o primeiro por sua alta subjetividade e o segundo, devido à obtenção e análise dos dados de aeronave serem extremamente onerosas.

Como forma de minimizar o custo e a subjetividade na obtenção de dados de área ocupada com uma cultura, a utilização de dados do satélite LANDSAT vem-se mostrando promissora. Porém, um dos empecilhos encontrados para a implantação desta metodologia é o fato de o ciclo das principais culturas anuais coincidir com o período de maior precipitação pluviométrica (outubro a maio), restringindo assim a obtenção de imagens isentas de cobertura de nuvens. Em face deste problema e considerando que na região em estudo o solo é preparado de junho a outubro (período de maior probabilidade de obtenção de imagens de satélite livres de cobertura de nuvens), esse trabalho visa avaliar, dentro deste período, áreas preparadas para plantio através da análise dos dados do LANDSAT.

O conhecimento da quantidade de área de solo preparado para plantio é muito importante, sendo uma informação adicional que pode ser associada a informações de intenção de plantio e fornecer uma primeira indicação das safras esperadas num determinado ano agrícola.

Assim, o presente trabalho propõe estabelecer uma metodologia de obtenção de área de solo preparado para plantio, através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto com ênfase na análise visual e automática dos dados obtidos pelo sistema MSS (Multispectral Scanner) e análise visual de dados obtidos pelo sistema RBV (Return Beam Vidicon) de satélite LANDSAT. Pretende-se também verificar, no analisador de imagens multispectrais (Image 100) do INPE, o algoritmo mais eficiente, em termos de precisão de classificação para determinar áreas preparadas

para plantio em função das datas de aquisição das imagens, assim como identificar alvos que se confundem com solo preparado, com o auxílio de fotografias aéreas infravermelhas coloridas.

### 1.1 - DEFINIÇÃO E IMPORTÂNCIA DOS SOLOS

Os solos, a primeira vista bastante simples, constituem-se em um universo complexo devido a sua dependência de fatores como material de origem, relevo, clima, organismo (microflora, microfauna, macroflora e macrofauna), tempo e o homem. Na natureza tais fatores são interdependentes, de tal forma que qualquer alteração em um deles pode provocar variações no solo.

A própria definição de solo é complexa. Segundo Buckman e Brady (1976), o solo é um corpo natural, tridimensional, considerado como um produto da natureza resultante de forças destrutivas e sintéticas. Como exemplo de forças destrutivas tem-se o intemperismo e a decomposição microbiana dos resíduos orgânicos e de forças sintéticas, a formação de novos minerais (tais como as argilas) e o desenvolvimento de camadas de forma característica. É também o ambiente dos vegetais que contribuem para a sua formação e desenvolvimento.

Utilizando técnicas de sensoriamento remoto para a caracterização de alvos, qualquer modificação nestes pode acarretar alteração na energia refletida ou emitida. Essas alterações podem ser detectáveis tendo em vista que, atualmente, os sensores remotos utilizados operam numa faixa muito ampla do espectro eletromagnético.

Vários autores (Condit, 1970; Eagleman, 1974; Newton et alii, 1974) estudaram as propriedades espectrais dos solos e são unâmes em afirmar que estas são grandemente afetadas por suas propriedades físicas e químicas. Estas propriedades, se consideradas isoladamente, afetam diferentemente o seu comportamento espectral. No entanto, na na



tureza as propriedades físicas e químicas encontram-se inter-relacionadas causando alterações bastante específicas nas respostas espectrais dos solos.

Dentre as características do solo julgou-se de importância a verificação de modificações na reflectância de sua superfície que poderiam ser causadas pela umidade e cor do solo, além daquelas causadas pelas variações nas condições agrícolas da área.

#### a) Umidade

Com relação à umidade presente no solo, diversos sensores, trabalhando em diferentes regiões do espectro eletromagnético, são utilizados para detectá-la ou estimá-la. De uma maneira geral, verifica-se um decréscimo da reflectância com o acréscimo da umidade (Figura 1.1). Esta alteração da reflectância ocasionada pela variação da umidade faz com que um mesmo solo tenha padrões diferentes numa determinada faixa espectral, tornando-se difícil sua detecção.

#### b) Cor do Solo

A cor do solo é outro fator importante quando se pretende estudar a reflectância espectral do solo na região do visível.

Condit (1970) considera a cor do solo como um dos elementos básicos e característicos para se proceder a sua identificação.

Crown e Pawluk (1974) também afirmam que a "cor do solo parece ser a característica dominante que afeta a reflectância na porção visível do espectro".

Nos dois tipos de solos predominantes da área de estudo (Latosolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro), a cor do solo é influenciada principalmente pelo teor de óxido de ferro existente. Segundo

Bowers e Hanks (1965), um acréscimo na quantidade de óxido de ferro pode causar um decréscimo significativo na reflectância na região do visível e do infravermelho próximo (550 - 1100 nm), conforme pode ser observado na Figura 1.2.

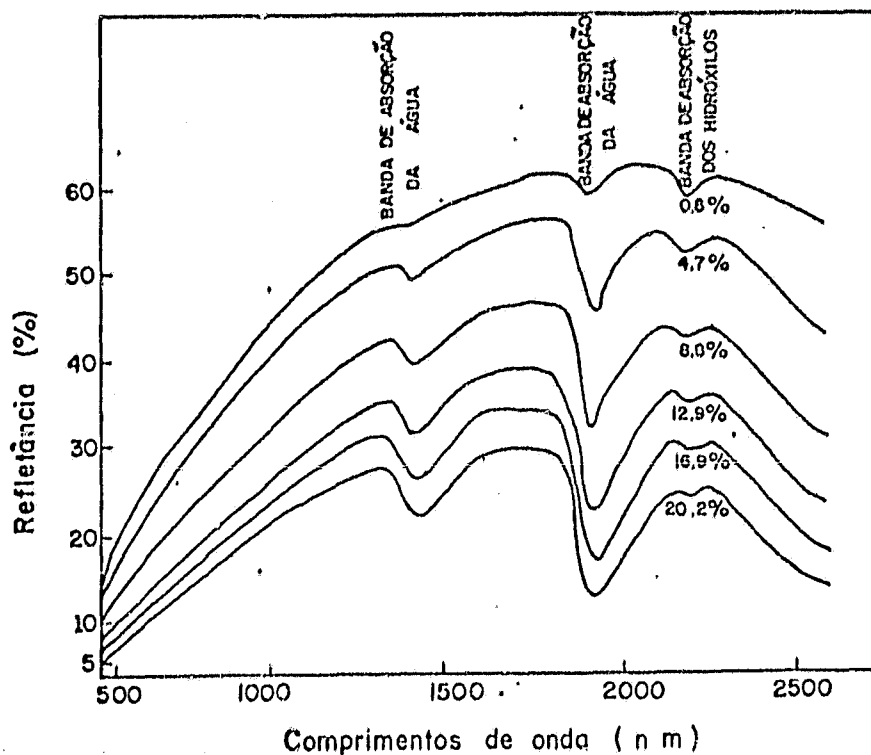


Fig. 1.1 - Curvas de reflectância do solo para vários teores de umidade.

FONTE: Bowers and Hanks, (1965), p. 132.

A Figura 1.2 mostra que a remoção do óxido de ferro causa um aumento marcante na reflectância na faixa espectral de 500-1100 nm. O mesmo não acontece com comprimentos de onda acima de 1100 nm.

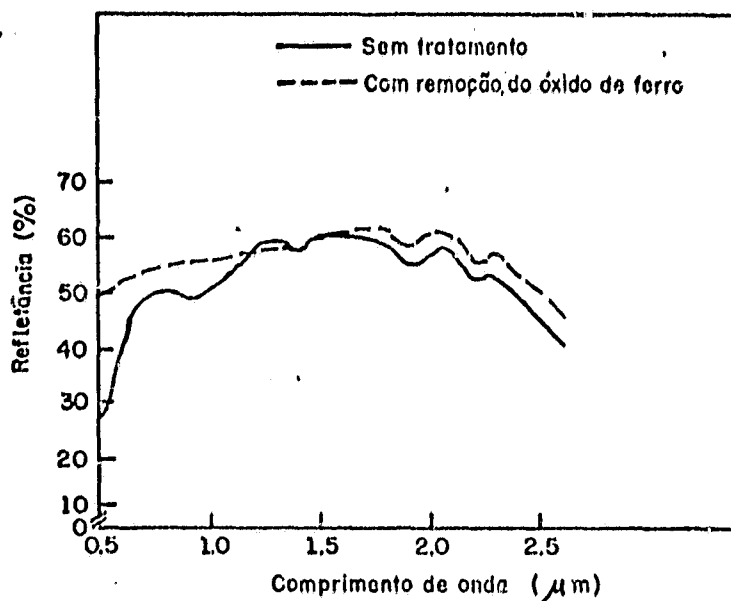


Fig. 1.2 - Curvas de reflectância espectral do solo que ilustram o efeito da remoção de óxido de ferro.

FORTE: Swain and Davis, (1978), p. 248.

### c) Variações Devidas a Atividades Agrícolas

Além dos fatores de umidade e cor descritos anteriormente, quaisquer variações nas condições de superfície de um solo utilizado para a agricultura propiciam diferenciações espectrais para um mesmo tipo de solo.

Segundo Myers e Allen (1968) o emprego de técnicas de sensoriamento remoto para avaliação de culturas e solos agrícolas é uma tarefa difícil devido à complexidade dos materiais biológicos e dos solos, e também por ser a própria agricultura um processo de ocupação dinâmico com constantes modificações de suas condições.

Quando uma determinada área de solo preparado é plantada, ocorrem modificações em sua energia refletida e esta sofrerá variações, desde o plantio até a colheita. A energia refletida ou emitida por essa área, em todos os estágios, será função da interação solo-planta, haven

do maior influência de um ou de outro em função do estágio de desenvolvimento da planta.

Boer et alii (1974), estudando o comportamento espectral de gramíneas na faixa de 360 a 2360 nm, notaram que no estágio inicial de desenvolvimento o comportamento espectral deste alvo era fortemente influenciado pelo tipo de solo. A resposta espectral com o aumento da área foliar, alcança um comportamento estacionário devido à absorção pelos pigmentos que existem na estrutura das folhas. A reflexão na região do infravermelho próximo aumenta significativamente, pois está relacionada ao índice de área foliar.

Os resíduos de culturas existentes na superfície de uma área também foram causas de estudos. Gausman et alii (1975) tentaram verificar qual o comprimento de onda na faixa espectral de 500 a 1800 nm que permitia melhor discriminação dos solos preparados para plantio daqueles com resíduos de culturas. Além disso, verificaram a possibilidade desta discriminação através dos dados MSS do ERTS-1 (LANDSAT). Os resultados encontrados mostraram ser possível esta discriminação, mas as técnicas, na época, não eram suficientes para descrever estes resíduos ou mesmo quantificá-los.

O cultivo de uma área é fator relevante quando se deseja estudar as propriedades espectrais do solo. Cipra et alii (1972) concluíram que cultivos, chuvas e outros fatores modificam as propriedades espectrais dos solos sem vegetação.

Para a interpretação de fotografias aéreas e de imagens obtidas pelos satélites da série LANDSAT, depara-se com um problema importante que é a variabilidade das práticas agrícolas e da condição de cada alvo no momento da coleta de dados. Segundo Henderson (1974), colocando-se de lado os problemas óbvios envolvidos no sobrevôo de uma extensa região, no processamento e interpretação das fotografias aéreas e na obtenção de informações locais, o intérprete tem um certo número de variá

veis resultantes de práticas agrícolas locais. Quando estas variáveis não são do conhecimento do intérprete, poderão levá-lo a interpretações errôneas.

Westin e Lemme (1978) investigaram o efeito dos solos e vegetações sobre os dados obtidos pelo satélite LANDSAT. Para tanto, utilizaram uma área de estudo na qual existiam seis associações de solo e cobertura vegetal de milho, aveia, trigo, cevada, alfafa e pastagens. Utilizaram dados do LANDSAT de 19 de abril e 30 de junho de 1974 com o objetivo de separar as categorias de uso do solo e verificar a influência de classes do solo no comportamento espectral de tipos vegetativos. Os resultados mostraram que os solos influenciam, em certo grau, a reflectância de todos os tipos de cultivos, e as associações de solo não podem ser reconhecidas com boa precisão utilizando dados de um único tipo vegetativo. As causas prováveis são devidas a variações nas práticas agrícolas, variedades plantadas, data de plantio, níveis de fertilização, etc. Com as áreas preparadas para plantio também ocorre o mesmo problema. A tarefa de arar ou gradear um terreno pode modificar o sinal de retorno a um sensor. Dois solos preparados para plantio ou em pousio podem apresentar-se completamente diferentes numa fotografia aérea ou mesmo na imagem de satélite, dependendo da dimensão dos torrões, direção da aradura, umidade do solo e exposição ao vento, temperatura e chuva.

Henderson (1974), através de um exemplo, dá uma idéia da variabilidade de condições de um mesmo alvo: "imagine a diferença se em uma fazenda fossem plantados campos adjacentes de uma mesma cultura mas de variedades diferentes, em data diferentes, usando fertilizantes diferentes e irrigados em épocas diferentes!".

## CAPÍTULO 2

### MATERIAL

#### 2.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foi escolhida uma área de estudo da DIRA (Divisão Regional Agrícola) de Ribeirão Preto. Esta DIRA situa-se a nordeste do Estado de São Paulo e caracteriza-se por intensa atividade agrícola em decorrência de antecedentes históricos, sociais e também do potencial agrícola de seus solos.

A área de estudo possui aproximadamente 80.000 ha, está contida na imagem LANDSAT, órbita 178, ponto 27, e abrange parte dos municípios de Bebedouro, Terra Roxa, Pontal, Pitangueiras, Morro Agudo, Viradouro e Sales Oliveira. Localiza-se entre  $20^{\circ} 48'$  e  $20^{\circ} 59'$  de latitude sul e  $47^{\circ} 57'$  e  $48^{\circ} 21'$  de longitude oeste, conforme a Figura 2.1

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

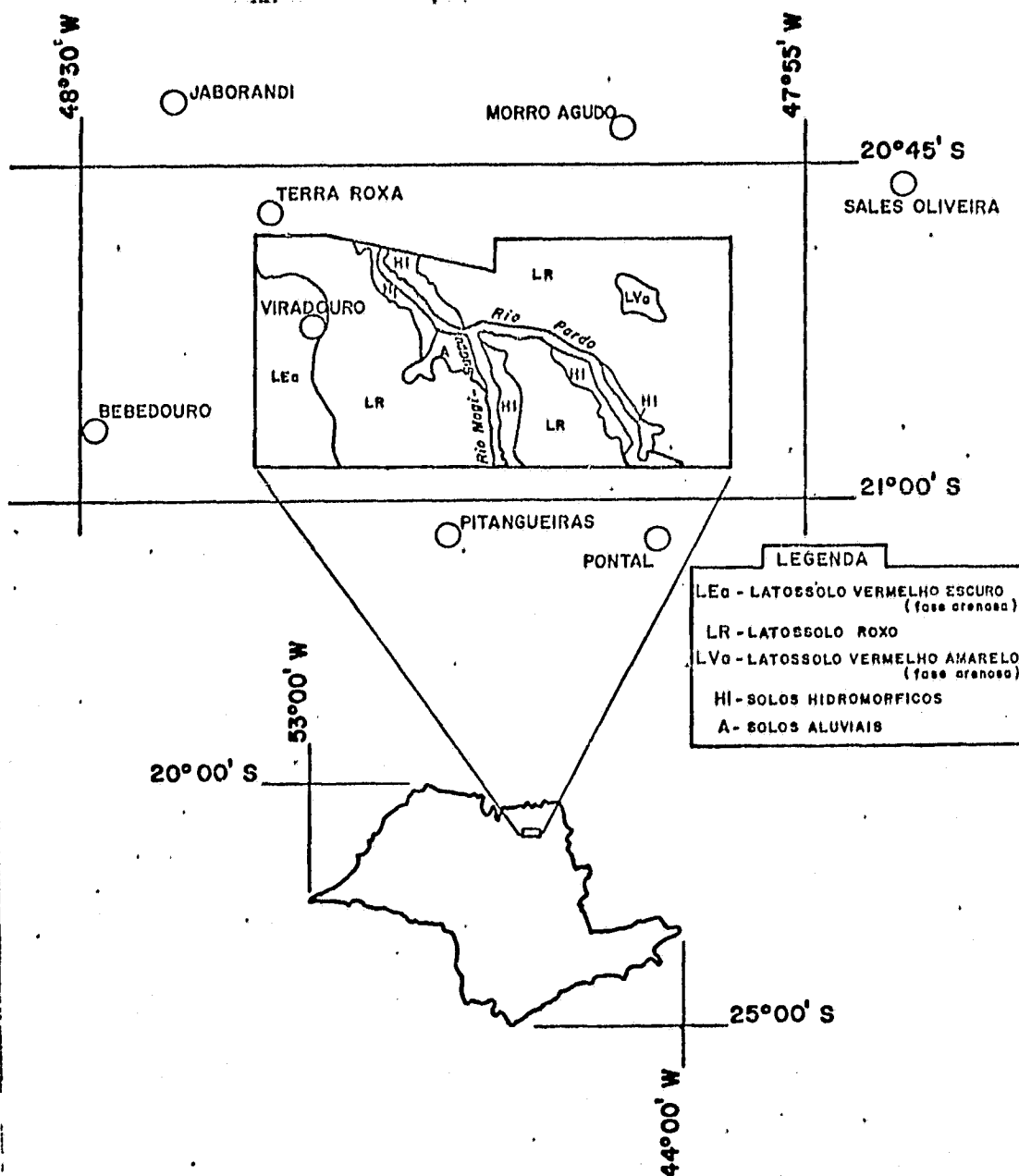


Fig. 2.1 - Mapa de localização da área de estudo sobre a Carta de So-  
los do Estado de São Paulo na escala 1.500.000

## 2.2 - DESCRIÇÃO DOS SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO

As unidades taxonômicas de solo que ocorrem no Estado de São Paulo, segundo Brasil (1960) estão listadas na Tabela 2.1.

TABELA 2.1

ÁREA E PERCENTAGEM DAS CLASSES DE SOLO QUE  
OCORREM NO ESTADO DE SÃO PAULO

TIPO DE SOLO	ÁREA NO ESTADO (Km <sup>2</sup> )	PERCENTAGEM (%)
Latossolo Vermelho Escuro	58.565,0	24,1
Solos Podzolizados de Lins e Marília	47.069,0	19,7
Latossolo Roxo	34.967,0	14,0
Latossolo Vermelho Amarelo	31.142,0	12,7
Podzólico Vermelho Amarelo	16.306,0	6,6
Associação de solos	13.558,0	6,0
Solos de Campos do Jordão	6.809,0	2,8
Solos Hidromórficos	5.455,5	2,2
Solos Podzolizados com Cascalho	5.337,0	2,2
Terra Roxa Estruturada	2.644,0	1,1
Regossolo	2.063,0	0,9
Solos Aluviais	814,0	0,3
Podzol Hidromórfico	781,7	0,3
Latossolo Vermelho Amarelo Húmico	238,0	0,1
Litossolo	187,7	0,07
Mediterrânico Vermelho Amarelo	109,0	0,04
Solos Orgânicos	22,0	-

Dentre os solos acima citados, o Latossolo Vermelho Escuro, os Solos Podzolizados de Lins e Marília, o Latossolo Roxo e o Latossolo Vermelho Amarelo são os que apresentam maior área no estado, sendo também os de maior importância agrícola. O conhecimento da área de solo



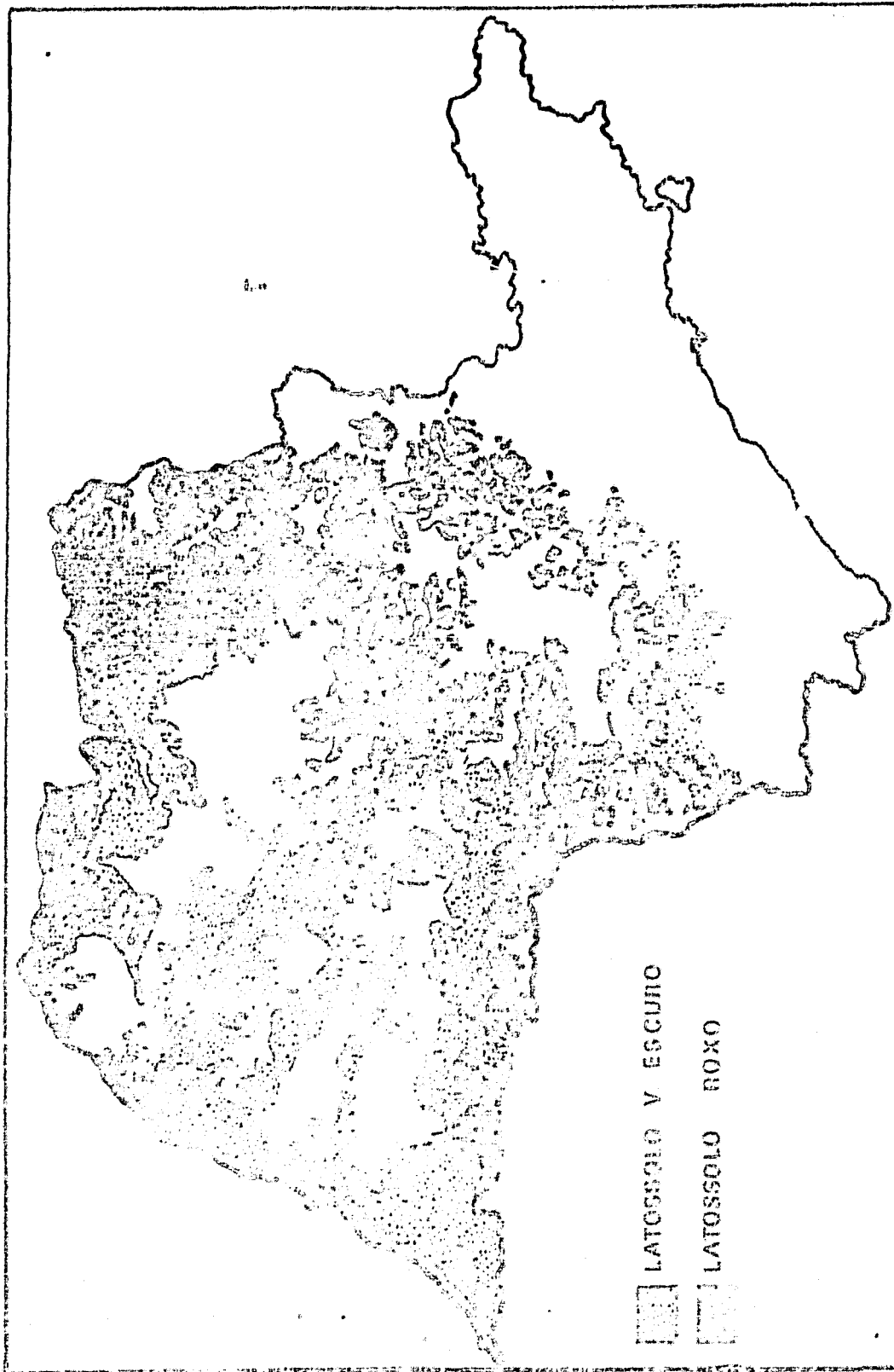
preparado para plantio nestes tipos de solo é de grande importância como dado auxiliar para o lançamento da intenção de plantio de uma determinada cultura na região em que predominam e no Estado como um todo. Neste trabalho as áreas preparadas para plantio foram analisadas nas duas classes de solo, o Latossolo Roxo e o Latossolo Vermelho Escuro, que predominam na área de estudo.

Os latossolos, segundo Lepsch (1976), apesar da pobreza em nutrientes para a planta podem ser usados intensivamente para a agricultura desde que se empreguem, em quantidades adequadas, corretivos e fertilizantes minerais. O cultivo intensivo é viável, uma vez que os latossolos possuem boas propriedades físicas e, por estarem situados geralmente em topografias com declives suaves, tornam-se bastante favoráveis à mecanização.

Conforme Brasil (1960) os Latossolos Roxos (LR) são originários de materiais provenientes de rochas básicas, principalmente basaltos e diabásios. A maior parte dos Latossolos Roxos é rica em nutrientes para as plantas sendo, portanto, neste aspecto, uma exceção à baixa fertilidade generalizada dos demais latossolos. O Latossolo Roxo de alta fertilidade (eutrófico) é conhecido popularmente como "Terra Roxa Legítima" e foi muito procurado no passado, em São Paulo e Paraná, para implantação de cafezais e, ainda hoje, é o preferido para o cultivo de várias lavouras importantes, como a cana-de-açúcar, o algodão e a soja.

Os Latossolos Roxos são caracterizados pela cor arroxeada e pela alta friabilidade que apresentam ao longo de todo o perfil. De longa data conhecem-se esses solos e pode-se dizer que o grande desenvolvimento de São Paulo é devido em parte a eles, que suportam uma grande diversidade de culturas. Ocorrem em 175 municípios do Estado de São Paulo localizando-se conforme o mapa esquemático da Figura 2.2.

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY



" Fig. 2.2 - Mapa esquemático da localização das duas classes de solos estudados.

FONTE: Brasil (1960).

A classe Latossolo Vermelho Escuro é composta de solos de coloração vermelho-escura bastante semelhantes à coloração dos Latossolos Roxos, porém originados de rochas pobres em elementos nutrientes aos vegetais. Apesar de sua cor escura, possuem teores de óxido de ferro menores que os Latossolos Roxos

Estes solos, para efeito de mapeamento, são divididos em duas unidades:

a) Latossolo Vermelho Escuro-orto

De uma maneira geral, no Estado de São Paulo, estes solos possuem um teor de argila que varia entre 40-78%; originam-se de argilito, podendo também ocorrer varvitos e folhelhos. Predominam, nestes solos, relevos suavemente ondulados, com declives que variam de 2 a 15%.

b) Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa

São solos que granulometricamente possuem predominância da fração areia, podendo esta atingir taxas de 70,5%. A fração argila nestes solos varia de 12,6 a 26,6%. São solos originários principalmente do arenito Bauru, sem cimentação calcária.

A classe Latossolo Vermelho Escuro ocorre, no Estado de São Paulo, em 200 municípios localizando-se conforme o mapa esquemático da Figura 2.2..

### 2.3 - CLIMA DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo Brasil (1960), o clima predominante na área de estudo é o tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (clima Aw, segundo a classificação de Koppen). Este tipo climático possui um índice pluviométrico que varia entre 1.100 e 1.300 mm, a estação seca ocorre de maio a setembro.

### 2.4 - FOTOGRAFIAS AÉREAS

O levantamento aéreo da área de estudo, realizado em 06 de setembro de 1979, foi executado com uma aeronave Bandeirantes e câmera métrica do tipo RC-10, com distância focal de 152 mm e filme Aerochrome 2443 da KODAK, cuja sensibilidade espectral vai de 400 a 900 nm. Utilizou-se ainda um filtro com a finalidade de bloquear toda a luz com comprimento de onda na faixa do azul, diminuindo assim o efeito atmosférico. Os recobrimentos laterais e longitudinais foram de 20%.

As fotografias aéreas foram plotadas em cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000, correspondendo às folhas de Bebedouro (SF-22-X-B-VI-3), Foz do Mogi-Guaçu (SF-22-X-B-VI-4) e Sales Oliveira (SF-23-V-A-IV-3). Esta plotagem permitiu a constatação da não-ocorrência de falhas no recobrimento aéreo da área de estudo e facilitou a verificação de campo.

### 2.5 - IMAGENS FOTOGRÁFICAS DE SATÉLITE

Para a realização deste trabalho foram utilizadas imagens fotográficas obtidas pelo sensor MSS do satélite LANDSAT 2 e pelo sensor RBV do satélite LANDSAT 3.

A imagem do MSS permite a obtenção de dados em quatro diferentes faixas do espectro eletromagnético (Tabela 2.2) de uma área de 185 x 185 km na superfície terrestre com uma resolução, no terreno, de 56 x 79 m.

TABELA 2.2

CANAIS DO SENSOR MSS E RESPECTIVAS FAIXAS DE ATUAÇÃO

CANAIS DO MSS	COMPRIMENTO DE ONDA (nm)
4	500 - 600
5	600 - 700
6	700 - 800
7	800 - 1100

A utilização das informações dos quatro canais gerados em diferentes faixas espectrais permite a discriminação entre os alvos, explorando assim o aspecto multiespectral dessas imagens.

A imagem do sensor RBV do LANDSAT 3 é gerada numa faixa espectral de 505 a 750 nanômetros e com uma resolução geométrica de 40 x 40 m (1600 m<sup>2</sup>). Cada imagem RBV cobre uma área de 98 x 98 km, correspondendo a aproximadamente um quarto da área abrangida pela imagem MSS. A grande vantagem do RBV é a melhor resolução geométrica em comparação àquela do MSS, possibilitando uma delimitação geométrica mais acurada de certos alvos.

As imagens do MSS utilizadas correspondem à órbita 178, ponto 27 em três passagens do satélite: 21/jun/79; 01/set/79 e 21/nov/79, permitindo desta forma uma análise multitemporal da área de estudo. No caso do produto do RBV, foi utilizada a imagem de órbita 178, ponto 27, subcena A, da passagem de 05/ago/79, por ser a mais próxima da época em que foram obtidas as fotografias aéreas da área de estudo. Em virtude de falhas técnicas não foi possível obter outras imagens do RBV em

datas próximas ao voo para que se pudesse escolher qual a melhor data para avaliação de áreas de solo preparado para plantio.

## 2.6 - FITAS COMPATÍVEIS COM COMPUTADOR (CCT)

Foram utilizados no tratamento automático das áreas preparadas para plantio os dados digitalizados do sensor MSS, armazenados em fitas compatíveis com computador (CCT). A cada cena (conjunto de quatro imagens de um mesmo ponto, em diferentes canais) do LANDSAT corresponde duas fitas nas quais estão armazenadas as matrizes digitais dessas imagens.

O tratamento automático que utilizou estas fitas (órbita 178, ponto 27 das passagens de 21/jun/79, 01/set/79 e 21/nov/79) foi feita através do Sistema Interativo de Análise de Imagens Multiespectrais (Image 100).

A fita CCT correspondente à passagem de 01/set/79 apresentou uma defasagem de cinco dias em relação ao levantamento aéreo; neste intervalo ocorreram modificações espectrais nos alvos. Nesta fita existe também uma faixa com ruído que passa exatamente sobre um pequeno trecho da área de estudo. Devido a este problema, a área de estudo, de 80.000 ha, passou a ter 76.799 ha com a eliminação do trecho com ruído. Esta mesma fita apresentou ainda um outro defeito, denominado "stripping", no canal 4. Segundo Cavalcanti (1975), o "stripping" é o aparecimento de pequenas faixas na imagem causadas por variações no ganho e "offset" dos detectores de um canal do MSS. Devido a esse problema de "stripping", o canal 4 foi excluído da análise e passou-se então a executar os algoritmos SINGLE-CELL e MAXVER com três canais (5, 6, 7) e o algoritmo MEDIA-K com apenas dois canais (5 e 7), uma vez que este último algoritmo exige número par de canais. A eliminação de um canal com ruído é recomendada por Velasco et alii (1978) que dizem que, embora as imagens LANDSAT sejam obtidas em quatro canais, nem sempre é interessante a utilização de todos. Às vezes um dos canais não oferece informação ou está excessivamente ruidoso.

## 2.7 - IMAGE - 100

O Sistema Interativo de Análise de Imagem Multiespectral (IMAGE-100), produzido pela General Electric, foi planejado para atender às necessidades do usuário com relação à extração de informações em imagens digitais adquiridas remotamente por intermédio de sensores colocados a bordo de satélites e aeronaves.

O princípio geral de funcionamento do sistema está baseado na premissa de que todos os objetos possuem um único e particular conjunto de características espectrais ou assinatura. Assim, o IMAGE-100 identifica as regiões da imagem que apresentam características semelhantes às do objeto identificado por esta assinatura.

Este sistema, além da extração de informações temáticas pode, em alguns casos, ser utilizado para ampliação e realce de imagens (General Electric Company, 1975).

A extração de informações temáticas pode ser realizada através de análise supervisionada ou não-supervisionada.

A análise supervisionada é caracterizada pelo fornecimento ao sistema de áreas de treinamento representativas do tema a ser analisado e que o analista conhece previamente por informações de campo.

A participação do usuário no treinamento, segundo Velasco et alii (1978), está não só no conhecimento da verdade terrestre, como na escolha de amostras representativas para compor as classes. Nesta escolha reside a interação do sistema com o usuário pois este tem meios de adquirir amostras até que se tenha certeza de uma boa classificação.

Após o fornecimento das áreas de treinamento, o sistema classifica o restante da área de estudo baseado nas respostas espectrais dos alvos. No IMAGE-100, esta classificação pode ser realizada utilizando diferentes algoritmos.

Neste trabalho foram utilizados dois algoritmos supervisionados: o SINGLE-CELL e o MAXVER.

a) SINGLE-CELL

O SINGLE-CELL é um sistema de classificação que utiliza os níveis de cinza, máximo e mínimo, encontrados dentro da área de treinamento, para definir um paralelepípedo de quatro dimensões (cela única) no espaço espectral. Considerando que todos os alvos naturais tendem a ter uma distribuição normal, a classificação através da utilização do SINGLE-CELL torna-se apenas uma aproximação da realidade, embora, em alguns casos, forneça resultados satisfatórios. Maiores detalhes a respeito deste programa são encontrados em General Electric Company (1975), Hernandez Filho e Shimabukuro (1978) e Carvalho (1978).

b) MAXVER

Segundo Velasco et alii (1978) o sistema MAXVER destina-se à classificação ponto a ponto de imagens multiespectrais. O critério usado na classificação é o da máxima verossimilhança.

Este sistema, na fase de treinamento, determina o vetor média e a matriz de covariância de cada uma das classes (no máximo 32) que compõem a área de estudo, utilizando áreas de treinamento em locais que se sabe, previamente, pertencer à determinada classe.

Na fase de classificação, o sistema utiliza essas informações e determina a densidade de probabilidade de cada ponto da área pertencer a cada uma dessas classes. Posteriormente o sistema compara



os vetores de probabilidade encontrados e associa o ponto à classe que apresentar maior valor, desde que este seja maior ou igual a um limiar predeterminado.

Além desses dois algoritmos de classificação supervisionada, utilizou-se a análise não-supervisionada através do algoritmo MEDIA K.

c) MEDIA K

Este é um algoritmo de agrupamento não-supervisionado. Na utilização do MEDIA K não são fornecidas áreas de treinamento ao sistema. O próprio sistema divide o espaço amostral em classes espectrais; estas classes podem coincidir com classes significativas no campo, como tipos de culturas, solos, etc.

Neste trabalho o algoritmo MEDIA K foi utilizado implementado num sistema de dois canais. Através deste procedimento as classes são definidas a partir de um conjunto de celas bidimensionais. O analista fornece ao sistema o número de centros iniciais (vetor média inicial para cada classe), a precisão e o número de iterações que deseja. O sistema divide então os dados da área de estudo, associando cada vetor ao centro mais próximo. Após esta associação, são calculados novos centros. Este ciclo se repete até que:

- a) o número de iterações desejado seja atingido, ou;
- b) a diferença entre o centro anterior e o atual não seja maior que a precisão escolhida.

Estas são as condições para encerramento do algoritmo.

Extrai-se então o vetor média e a matriz de covariância para cada grupo de dados que serão, posteriormente, utilizados na classificação.

CAPÍTULO 3

MÉTODOS

3.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

A interpretação visual foi realizada de forma integral, procurando-se interpretar não só os alvos de interesse, mas todos os alvos da área.

Estabeleceu-se inicialmente uma legenda cuja simbologia adotada sugeriu a identidade e/ou condição do alvo, tomando a precaução de caracterizar melhor os alvos que, embora fossem distintos dos solos preparados para plantio nas fotografias aéreas, pudessem apresentar resposta espectral semelhante nas imagens de satélite.

A legenda utilizada durante a interpretação das fotografias aéreas está descrita na Tabela 3.1.

TABELA 3.1

LEGENDA UTILIZADA NA INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

SIGLA	SIGNIFICADO	DESCRIÇÃO
SP	Solo preparado para plantio	Solo arado e/ou gradeado recentemente.
CC	Cana cortada	Cana recém cortada com presença de palhada.
CAN	Cana nova	Cana cuja área foliar cobria parcialmente a superfície do solo.

(Continua)

Tabela 3.1 - Continuação

SIGLA	SIGNIFICADO	DESCRIÇÃO
CAI	Cana Intermediária	Cana cuja área foliar cobria quase que totalmente a superfície do solo.
CAV	Cana Adulta	Cana cuja área foliar cobria totalmente a superfície do solo.
FN	Café Novo	Café de pequeno porte que não cobria a superfície do solo.
FI	Café Intermediário	Café de porte intermediário que cobria quase que totalmente a superfície do solo.
FV	Café Adulto	Café de grande porte que cobria grande parte da superfície do solo.
CN	Citrus Novo	Citrus de pequeno porte que não cobria a superfície do solo.
CI	Citrus Intermediário	Citrus de porte intermediário que cobria grande parte da superfície do solo.
CV	Citrus Adulto	Citrus de grande porte que cobria quase que totalmente a superfície do solo.
PB	Pasto Bom	Pasto com muita massa verde e boa cobertura da superfície do solo.

(Continua)

Tabela 3.1 - Conclusão .

SIGLAS	SIGNIFICADO	DESCRIÇÃO
PR	Pasto Ruim	Pasto com pouca massa verde e má cobertura da superfície do solo.
D	Drenagem	Áreas de drenagem deficiente, sujeitas à inundação.
M	Mata	Áreas com vegetação natural (até mesmo mata galeria) e artificial de grande porte.
O	Outros	Áreas geralmente de pequenas dimensões onde se situam sedes de fazendas, currais, etc.

Todos os alvos acima descritos, que possuem respostas com tendência para a cor verde nas fotografias aéreas, assemelhando-se as sim a um solo preparado, receberam a sigla VD.

Foram feitas ainda localizações de rios, lagos e logradouros que receberam legenda própria.

Ao final da interpretação confeccionou-se um mapa-base obtido através de um mosaico semicontrolado das fotografias aéreas para a área de estudo, conforme pode ser visto nos Apêndices A e B. Nestes Apêndices não aparecem as legendas CAN (Cana Nova) e CN (Citrus Novo) que foram anexadas à legenda SP (Solo Preparado para Plantio).

### 3.2 - TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo na área de estudo foi realizado em duas etapas.

A primeira, realizada em outubro de 1979, teve como objetivo a obtenção de um maior conhecimento da área de estudo, além de coletar informações junto aos proprietários a respeito de suas práticas culturais. Nesta oportunidade constatou-se que as áreas colhidas, em sua maioria, são mantidas com um certo controle até o próximo plantio, evitando desta forma que ocorra crescimento exagerado e proliferação de ervas daninhas.

Durante essa fase de campo, verificou-se in loco a ocorrência das classes de solo (LR, LEa, A, HI) que constavam na Carta de Solos do Estado de São Paulo (Brasil, 1960), exceto a mancha de Lva (Figura 2.1).

A segunda etapa do trabalho, realizada em novembro de 1979, teve como objetivo eliminar as dúvidas ocorridas durante a interpretação visual das fotografias aéreas. Apesar da defasagem de 75 dias entre o aerolevanteamento e esta segunda etapa de trabalho de campo foi possível, através de consultas aos proprietários, reconstituir as condições dos alvos da área de estudo na época do aerolevanteamento. Os alvos de características semelhantes às aquelas apresentadas pelo solo preparado foram também verificados com o intuito de controlar melhor os problemas que poderiam surgir futuramente, durante o tratamento automático.

### 3.3 - TRATAMENTO AUTOMÁTICO DOS DADOS

No tratamento e análise dos dados digitalizados do LANDSAT, utilizando o Analisador de Imagens Multiespectrais (IMAGE-100) foi tomada a imagem da órbita 178, ponto 27, do dia 01/set/79. Sobre ela foi delimitada a área de estudo utilizando o programa TRAÇO que tem por finalidade delimitar uma região na tela do IMAGE-100, no formato desejado. Após a delimitação, a área foi separada do resto da cena. Posteriormente a área de estudo foi ampliada para a escala 1:100.000 por ser uma escala em que os alvos se apresentam num tamanho adequado para obtenção de amostras de treinamento e teste; na tela do IMAGE-100.

Com esta ampliação, a área de estudo não coube totalmente na tela, sendo então dividida em dois módulos (Módulo 1 e Módulo 2) e cada um deles foi analisado separadamente.

Posteriormente foram aplicados sobre a área de estudo os algoritmos SINGLE-CELL, MAXVER e MEDIA K com dois canais e fizeram-se melhorias do resultado final obtido para cada um destes, através do método Uniformização de Temas, opção UNITOT, com limiar 3 e peso 2. Este método analisa o "pixel" central de uma matriz 3 x 3 e associa-o à classe de maior ocorrência. Em seguida os resultados finais da classificação de solo preparado foram obtidos na forma de mapas alfanuméricos (printouts).

#### 3.4 - OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS DE TREINAMENTO

No tratamento automático dos dados LANDSAT da área de estudo utilizando-se os algoritmos SINGLE-CELL e MAXVER, notou-se a necessidade de desenvolver uma metodologia para obtenção das amostras de treinamento em áreas de solo preparado para plantio.

Primeiramente tomaram-se amostras ao acaso em áreas que comprovadamente pertenciam à classe em questão e procedeu-se à classificação. Estas áreas foram obtidas utilizando somente os mapas-base sem uma prévia verificação das condições de superfície de cada uma delas. Ao tomar entretanto amostras da mesma classe em outras áreas para uma nova classificação notou-se que os resultados alcançados não foram compatíveis quantitativa e qualitativamente com os anteriores.

Posteriormente foram tomadas, com base nas fotografias aéreas, áreas de solo preparado bem características, que fossem livres de ervas daninhas, estivessem devidamente aradas e gradeadas, sem problema de palhada, sem edificações ou quaisquer outros fatores que viessem a afetar sua resposta espectral. Baumgardner e Henderson Junior (1973) já haviam utilizado tal metodologia para retirar amostras de trigo, solo preparado e pastagens, para serem utilizadas em análise automática.

Não se fixou o número de amostras de treinamento para cada classe. Utilizou-se o número máximo possível considerando o fato de as amostras serem bem características da classe a que pertencem. Segundo Bauer et alii (1979), o número de amostras de treinamento vai variar com a homogeneidade ou heterogeneidade do alvo com que se está trabalhando. Eles variaram o número de amostras de treinamento com 12, 9, 6 e 3 na classificação de milho e soja utilizando dados MSS do satélite LANDSAT. Encontraram resultados semelhantes para todos os casos e concluíram que, embora estes resultados indiquem que somente pequenos números de amostras de treinamento fossem necessários, em outras áreas com maior variabilidade há necessidade de um maior número delas.

Com as amostras de treinamento devidamente localizadas no mapa-base, fez-se a transferência para o vídeo do IMAGE-100 procedendo, então, às classificações.

### 3.5 - CÁLCULO DO DESEMPENHO DO TRATAMENTO AUTOMÁTICO

O cálculo do desempenho consistiu em uma comparação entre os resultados finais da classificação de solo preparado obtidos na forma de mapas alfanuméricos no IMAGE-100 e o mapa-base obtido através da interpretação visual das fotografias aéreas. Os mapas alfanuméricos (printouts) foram obtidos numa escala compatível com a do mapa-base. Os "printouts" foram superpostos ao mapa-base fazendo a contagem da área de solo preparado para plantio classificada corretamente pelo IMAGE-100, bem como das áreas classificadas em excesso (erro de inclusão) ou que deixaram de ser classificadas (erro de omissão) pelo sistema:

Para fazer esta comparação foi idealizada uma tabela de dupla entrada conforme a ilustração:

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

<div>CAMPO \ I-100</div>	SOLO PREP.	OUTROS	TOTAL
SOLO PREP.	A	B	C
OUTROS	D	E	F
TOTAL	G	H	I

Onde:

- A - área de solo preparado classificada corretamente pelo I-100,
- B - área de solo preparado não classificada pelo I-100,
- C - área total de solo preparado existente no mapa-base,
- D - área de solo preparado classificada em excesso pelo I-100,
- E - área de solo não-preparado classificada pelo I-100,
- F - área total de solo não-preparado existente no mapa-base,
- G - área total de solo preparado classificada pelo I-100,
- H - área total de solo não-preparado classificada pelo I-100,
- I - área total do mapa-base.

Nesta tabela são confrontadas as áreas de solo preparado e as de solo não-preparado, obtidas pelo IMAGE-100 e o mapa-base. A partir dos dados desta tabela foram então determinados os seguintes parâmetros:

- a) Percentagem de Classificação Correta (Pa) - é a razão entre a área de solo preparado classificada corretamente pelo IMAGE-100 e a área total de solo preparado existente no mapa-base:

$$Pa (\%) = \frac{A}{C} \times 100.$$



- b) Percentagem do Erro de Inclusão (EI) - é a razão entre a área de solo preparado classificada em excesso pelo IMAGE-100 e a área total de solo preparado classificada pelo IMAGE-100:

$$EI (\%) = \frac{D}{G} \times 100.$$

- c) Percentagem do Erro de Omissão (EO) - é a razão entre a área de solo preparado no campo, não-classificada pelo IMAGE-100, e a área total de solo preparado existente no mapa-base:

$$EO (\%) = \frac{D}{C} \times 100.$$

- d) Diferença relativa (DR) - é obtida pela diferença entre a área de solo preparado estimada pelo IMAGE-100 e a área de solo preparado existente no mapa-base, dividida pela área de solo preparado existente no mapa-base:

$$DR (\%) = \left( \frac{G - C}{C} \right) \times 100.$$

- e) Densidade de Solo Preparado (DS) - é dada pela razão existente entre a área total de solo preparado existente no mapa-base e a área total deste mapa-base:

$$DS (\%) = \frac{C}{I} \times 100.$$

A análise conjunta destes cinco parâmetros fornecerá os subsídios necessários à avaliação do desempenho da classificação.

### 3.6 - INTERPRETAÇÃO VISUAL UTILIZANDO DIAPOSITIVO

Com a finalidade de reduzir o tempo gasto no IMAGE-100 e ao mesmo tempo obter um produto colorido em uma escala mais adequada do que as apresentadas normalmente, em papel, utilizou-se uma metodologia para interpretação visual dos dados LANDSAT. Tal metodologia consistiu na

utilização de diapositivos obtidos fotografando a tela do IMAGE-100, que continha, separadamente, os módulos (Módulo 1 e Módulo 2) da área de estudo, na escala aproximada de 1:100.000.

Estes módulos apresentavam-se em composição colorida falsa-cor, sendo realizado um realce de cores com a finalidade de evidenciar as áreas de solo preparado para plantio.

A composição colorida falsa-cor é feita normalmente atribuindo a cor azul ao canal 4, a cor verde ao canal 5 e a cor vermelha ao canal 7. Em virtude da ocorrência de "stripping" no canal 4, esta composição passou a ser feita atribuindo as cores azul e verde ao canal 5 e a cor vermelha ao canal 7; não foi atribuída nenhuma cor ao canal 6. Tal modificação não acarretou alteração significativa na coloração dos alvos.

Com a utilização desta nova composição colorida e da maior escala de trabalho, a interpretação dos alvos presentes na cena foi facilitada, aumentando o contraste e permitindo ao analista associar os diferentes padrões tonais da composição colorida com aqueles das fotografias aéreas, haja vista que, em ambos os casos, as cores são semelhantes.

A metodologia para interpretação visual dos dados LANDSAT foi desenvolvida em duas etapas.

Na primeira foram tomados os diapositivos referentes aos módulos (Módulo 1 e Módulo 2) delimitados na fita CCT de 01.09.79. Estes diapositivos foram projetados sobre um papel transparente, procedendo-se assim a interpretação visual das áreas preparadas para plantio, das áreas ocupadas com cana-de-açúcar e massas d'água.

Com o intuito de obter uma mesma escala em todas as projeções feitas para interpretação visual, foram feitos ajustes nestas até que pontos de referência, tais como cursos d'água, curvas de rios, lagos etc, coincidissem o mais possível. Obtiveram-se produtos em duas escalas aproximadas: 1:50.000 e 1:100.000, optando-se por esta última, em razão de fornecer uma melhor definição das bordas dos alvos.

Idêntico processo metodológico foi aplicado para os dados provenientes das fotografias aéreas obtidas em 06.09.79. Os mapas-base dos módulos (Módulo 1 e Módulo 2), na escala original de 1:20.000, foram também fotografados gerando diapositivos; estes diapositivos foram projetados e, dessa maneira puderam-se obter reproduções do mapa-base na escala aproximada de 1:100.000, compatíveis com os resultados das interpretações visuais.

Posteriormente os produtos da interpretação visual obtidos dos dois módulos e aqueles provenientes das fotografias aéreas, numa mesma escala, foram comparados permitindo desta forma, uma análise quantitativa e qualitativa. O desempenho do procedimento foi obtido através de contagem, com grade milimetrada, das áreas interpretadas corretamente, verificando os erros de omissão e inclusão.

Na segunda etapa foram tomados os diapositivos referentes aos módulos (Módulo 1 e Módulo 2) delimitados nas fitas CCT de 21/jun/79 e 21/nov/79. Procedeu-se com esses diapositivos a mesma metodologia adotada com os referentes aos dados LANDSAT de 01/set/79.

De posse dos produtos da interpretação visual da área de estudo nas três datas, estes foram confrontados com o intuito de verificar a dinâmica da atividade agrícola na área de estudo.

### 3.7 - AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE PROJEÇÃO DE DIAPOSITIVOS

Foi realizado um teste para verificar se o uso da técnica de projeção de "slides" causava distorções ou perda de informações. Para tanto, efetuou-se a comparação entre o mapa-base original na escala 1:20.000 e aquele obtido da projeção na escala de 1:100.000.

Através desta análise, constatou-se visualmente que todos os talhões presentes no mapa-base ocorriam também nos dados de projeção. Assim, pôde-se afirmar que tal metodologia não ocasionou, para esse caso, perda de informações.

Com relação ao problema de distorções foram realizadas medidas em cada um dos lados do mapa-base e seu correspondente no mapa projetado, incluindo também medidas nas diagonais. Esta análise mostrou que a distorção era mínima; a proporcionalidade entre os lados homólogos apresentou uma variância da ordem de  $9,5 \times 10^{-5}$ . Pela verificação desta proporcionalidade torna-se possível calcular a escala média real da projeção que, neste caso, foi de 1:101.319.

### 3.8 - CÁLCULO DA ÁREA

Utilizou-se uma grade milimetrada para contagem das áreas de solo preparado contidas no mapa-base original, na escala de 1:20.000, como também naquele obtido da projeção, na escala de 1:101.319. O fato de utilizar a mesma técnica de cálculo de áreas, a partir de mapas com escalas diferentes, ocasionou um erro de estimativa dos resultados finais. Segundo Yanasse e Fonseca (1978) para que seja possível escolher a melhor técnica de cálculo de áreas é necessário especificar antes a escala de trabalho, pois é provável que uma escala menor necessite de uma técnica mais precisa, do que se a escala fosse maior.

Para quantificar o erro associado à contagem de áreas, tomaram-se aleatoriamente, dez talhões de solo preparado contidos no mapa-base original na escala de 1:20.000 e os seus correspondentes no mapa

obtido da projeção na escala de 1:101.319. Os resultados obtidos da con  
tagem com grade milimetrada, para as duas escalas diferentes, podem ser  
observados na Tabela 3.2.

Uma das dificuldades do emprego da grade milimetrada para  
o cálculo da área de solo preparado prende-se à estimativa das porções  
de quadrículas que ficam cortadas pelos limites dos talhões de solo pre  
parado. O valor do somatório das frações de quadrículas obtidas por es  
timativa encerra um caráter subjetivo ao cálculo da área e depende do  
critério de decisão de cada indivíduo.

A partir do momento em que se considera o erro devido à  
subjetividade constante (um mesmo indivíduo fazendo todas as contagens  
das áreas), o segundo fator que contribui para o erro residual provoca  
do na estimativa das frações de quadrículas está relacionado diretamen  
te com a escala de trabalho. Na escala 1:20.000, um ponto na grade mili  
metrada ( $1 \text{ mm}^2$ ) corresponde no terreno a 0,04 ha, ao passo que na esca  
la 1:101.319 corresponderia a 1,027 ha. O cálculo da área de solo pre  
parado para a primeira escala aproxima-se mais do valor real, pois é ne  
cessário errar em torno de vinte e cinco pontos na escala 1:20.000 para  
equivaler ao erro de um ponto na escala 1:101.319.

Para minimizar o erro residual relacionado com a escala  
de trabalho, foi determinada a correlação existente entre os valores de  
áreas obtidas para os dez talhões de solo preparado, conforme o gráfico  
da Figura 3.1.

A equação de regressão que expressa a relação linear en  
tre os valores de áreas para as duas escalas é  $\hat{y} = 1,12x + 0,21$ . Através  
desta expressão matemática, torna-se possível associar os valores das  
áreas de solo preparado obtidos nas duas escalas de trabalho. Com base  
nesta expressão, verifica-se a necessidade de um acréscimo de aproxima  
damente 12% aos dados obtidos com a menor escala, como forma de ajuste  
dos dados, controlando assim o erro residual.

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

TABELA 3.2

RESULTADOS DA CONTAGEM DE ÁREA DOS TALHÕES OBTIDOS ATRAVÉS DE GRADE  
MILIMÉTRADA PARA AS DUAS ESCALAS EM ESTUDO

TALHÃO	ÁREA EM Ha (1:20.000)	ÁREA EM Ha (1:101.319)
1	80,0	71,0
2	30,0	27,0
3	57,0	52,0
4	67,0	63,0
5	102,0	87,0
6	114,0	103,0
7	56,0	50,0
8	206,0	182,0
9	15,0	12,0
10	491,0	438,0

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

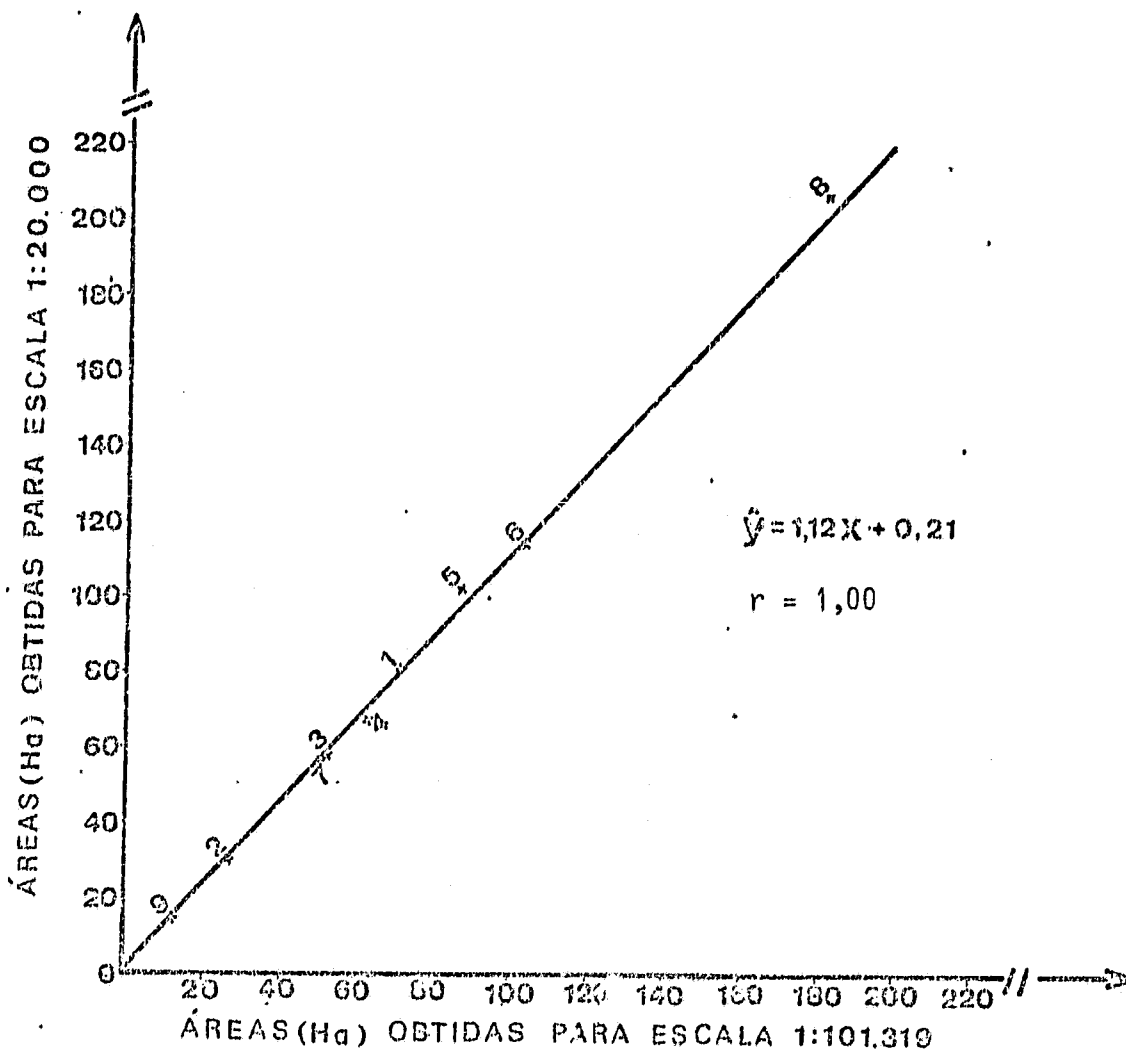


Fig. 3.1 - Regressão entre os valores de áreas de solo preparado obtidos para as escalas 1:20.000 e 1:101.319.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 - RESULTADOS ALCANÇADOS COM A INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

O tema solo preparado para plantio nesta área de estudo apresenta um padrão verde intenso nas fotografias aéreas infravermelhas falsa-cor. Tal característica é de suma importância para a interpretação de áreas preparadas para plantio, visto que as variações na tonalidade verde estão associadas a modificações ocorridas nos solos destas áreas, tais como restos culturais, umidade do solo, ervas daninhas, etc.

A interpretação visual das fotografias aéreas aliadas às informações de campo permitiram a elaboração de um mapa-base da área de estudo que contém a distribuição das áreas preparadas para plantio (Apêndice A e B).

Este mapa-base foi obtido através de um mosaico semicontrolado e tem como principal função servir como verdade terrestre na comparação qualitativa e quantitativa dos resultados obtidos com os tratamentos automático e visual dos dados do satélite LANDSAT na data de 01/set/79.

#### 4.2 - RESULTADOS OBTIDOS COM O TRATAMENTO AUTOMÁTICO

Uma análise visual dos dados de 01/set/79 do satélite LANDSAT mostrou que os temas Cana Nova (CAN) e Citrus Novo (CN), embora fossem facilmente discrimináveis do tema Solo Preparado (SP) a nível de aeronave, teriam de ser incluídos a este tema, a nível orbital, ao se analisar uma única data. Isto porque suas partes aéreas cobriam pouco a superfície solo, não chegando, porém, a influenciá-lo especificamente.



#### 4.2.1 - RESULTADOS OBTIDOS UTILIZANDO O ALGORITMO SINGLE-CELL

As amostras de treinamento obtidas através da metodologia descrita na Seção 3.4 foram transferidas para o vídeo do IMAGE-100 que continha os dados MSS de 01/set/79 da área de estudo. Com estas amostras foram feitas classificações utilizando o algoritmo SINGLE-CELL. Sobre os resultados obtidos usou-se o método UNIFORMIZAÇÃO DE TEMAS, opção UNITOT, com limiar 3 e peso 2.

O resultado final foi apresentado em "printout" na escala 1:20.000 que, comparado com o mapa-base obtido através das fotografias aéreas, forneceu resultado quantitativo apresentado nas Tabelas 4.1 e 4.2.

TABELA 4.1

RESULTADO QUANTITATIVO NA UTILIZAÇÃO DO ALGORITMO  
SINGLE-CELL NO MÓDULO 1 (EM ha)

<div>I-100 CAMPO</div>	SOLO PREP.	OUTROS	TOTAL
SOLO PREP.	9081	5943	15024
OUTROS	508	22870	23378
TOTAL	9589	28813	38402

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

TABELA 4.2

RESULTADO QUANTITATIVO DA UTILIZAÇÃO DO ALGORITMO  
SINGLE-CELL NO MÓDULO 2 (EM ha)

<div>I-100 CAMPO</div>	SOLO PREP.	OUTROS	TOTAL
SOLO PREP.	13716	3781	17497
OUTROS	458	20442	20900
TOTAL	14174	24223	38397

4.2.2 - RESULTADOS OBTIDOS UTILIZANDO O ALGORITMO MAXVER

Utilizando os mesmos treinamentos obtidos nas áreas pa-  
drões de solo preparado, foram feitas classificações usando o algorit-  
mo MAXVER com limiar 5. Após a classificação o método UNIFORMIZAÇÃO DE  
TEMAS, opção UNITOT, com limiar 3 e peso 2 foi utilizado.

No tratamento automático da área de estudo utilizando o  
algoritmo MAXVER, foi necessária a criação de duas classes de solo pre-  
parado. Para uma delas utilizaram-se amostras de treinamento em áreas  
que se apresentavam com aspecto tonal verde-escuro nas fotografias aé-  
reas e para a outra classe utilizaram-se amostras de treinamento em  
áreas que apresentavam um aspecto tonal verde-claro. Foram usadas tam-  
bém a classe água, a classe mata e a classe pasto, mas as únicas de in-  
teresse foram as duas de solo preparado; as outras serviram para melho-  
rar a capacidade de decisão do sistema.

O resultado obtido foi impresso na forma de "printout" na  
escala 1:20.000 que, comparado com o mapa-base, forneceu os resultados  
quantitativos apresentados nas Tabelas 4.3 e 4.4.

TABELA 4.3

RESULTADO QUANTITATIVO DA UTILIZAÇÃO DO ALGORITMO  
MAXVER NO MÓDULO 1 (EM ha)

<u>I-100</u> CAMPO	SOLO PREP.	OUTROS	TOTAL
SOLO PREP.	12804	2220	15024
OUTROS	477	22901	23378
TOTAL	13281	25121	38402

TABELA 4.4

RESULTADO QUANTITATIVO DA UTILIZAÇÃO DO ALGORITMO  
MAXVER NO MÓDULO 2 (EM ha)

<u>I-100</u> CAMPO	SOLO PREP.	OUTROS	TOTAL
SOLO PREP.	14204	3293	17497
OUTROS	301	20599	20900
TOTAL	14505	23892	38397

4.2.3 - RESULTADOS OBTIDOS UTILIZANDO O ALGORITMO MÉDIA K

Finalmente para esta data foi realizada a análise automática utilizando o algoritmo não-supervisionado MÉDIA K.

Depois de delimitado o módulo foi feita a compressão dos níveis de cinza para 64 níveis e aplicado o algoritmo MÉDIA K implemen

tado para dois canais (KMED2F), fixando o número de centros iniciais em oito, a precisão em 0,001 e variando o parâmetro inicial de entrada da população de cada cela para o cálculo da média aritmética ponderada usando separadamente as funções: unitária, logaritmo natural, exponencial e população original. Através da observação visual da tela do IMAGE-100, determinou-se que a melhor modalidade foi com o parâmetro de população unitária, que forneceu duas classes distintas de solo preparado.

Posteriormente utilizou-se o método de UNIFORMIZAÇÃO DE TEMAS, opção UNITOT, com limiar 3 e peso 2. O resultado final foi apresentado em mapa alfanumérico (printout) na escala 1:20.000 que, comparado com o mapa-base obtido através das fotografias aéreas, forneceu o resultado quantitativo apresentado nas Tabelas 4.5 e 4.6.

TABELA 4.5

RESULTADO QUANTITATIVO DA UTILIZAÇÃO DO ALGORITMO  
MÉDIA K NO MÓDULO 1.(EM ha)

<div>I-100 CAMPO</div>	SOLO PREP.	OUTROS	TOTAL
SOLO PREP.	12456	2568	15024
OUTROS	843	22535	23378
TOTAL	13299	25103	38402

ORIGINAL PAGE 18  
OF POOR QUALITY

TABELA 4.6

RESULTADO QUANTITATIVO DA UTILIZAÇÃO DO ALGORITMO  
MÉDIA K NO MÓDULO 2 (EM ha)

I-100 CAMPO	SOLO PREP.	OUTROS	TOTAL
SOLO PREP.	10860	6637	17497
OUTROS	134	20766	20900
TOTAL	10994	27403	38397

4.2.4.- COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DE CLASSIFICAÇÃO DOS TRÊS ALGORITMOS UTILIZADOS

O desempenho da classificação do tema Solo Preparado para Plantio, para cada algoritmo estudado (SINGLE-CELL, MAXVER e MÉDIA K) pode ser observado nas Tabelas 4.7 e 4.8.

TABELA 4.7

DESEMPENHO DA CLASSIFICAÇÃO DOS ALGORITMOS SINGLE-CELL, MAXVER E MÉDIA K PARA O MÓDULO 1

ALGORITMO ÍNDICES	SINGLE-CELL	MAXVER	MÉDIA K
Pa(%)	60,44	85,22	82,90
EI(%)	5,29	3,59	6,33
EO(%)	39,56	14,78	17,10
DR(%)	-36,17	-11,60	-11,48
DS(%)	39,12	39,12	39,12

TABELA 4.8

DESEMPENHO DA CLASSIFICAÇÃO DOS ALGORITMOS SINGLE-CELL  
MAXVER E MÉDIA K PARA O MÓDULO 2

ALGORITMO INDICES	SINGLE-CELL	MAXVER	MÉDIA K
Pa(%)	78,39	81,18	62,06
EI(%)	3,23	2,00	1,21
EO(%)	21,61	18,82	37,94
DR(%)	-18,99	-17,10	-37,16
DS(%)	45,56	45,56	45,56

Pela análise da Tabela 4.7 verifica-se que, para o módulo 1, o melhor desempenho de classificação foi obtido utilizando o algoritmo MAXVER. Este apresentou uma percentagem de acerto de classificação (Pa) maior e uma percentagem dos erros de inclusão (EI) e omissão (EO) menores em relação aos outros algoritmos utilizados. Quanto à diferença relativa (DR), o resultado obtido utilizando o algoritmo MÉDIA K implementado para dois canais apresentou-se ligeiramente melhor (0,12%) que o obtido utilizando o algoritmo MAXVER. Este índice mostra que a quantidade total do solo preparado classificada pelo IMAGE-100 utilizando o algoritmo MÉDIA K implementado para dois canais aproximou-se mais do total de solo preparado existente no campo que a quantidade total obtida utilizando o algoritmo MAXVER. No entanto, este índice isolado não expressa a superioridade do classificador uma vez que nesta quantidade total classificada pelo IMAGE-100 estão também incluídas as áreas classificadas em excesso. Este índice deve então ser analisado juntamente com os restantes.

A análise do desempenho de classificação obtido para o Módulo 2 (Tabela 4.8) mostra também uma superioridade do algoritmo MAXVER. Este apresentou maior percentagem de acerto da classificação (Pa) e menores percentagens de erro de omissão (EO) e diferença relati

va (DR). A percentagem de erro de inclusão (EI) apresentou-se menor (0,87%) ao utilizar ao algoritmo MÉDIA K implementado para dois canais. A análise deste Índice isoladamente indica que se obteve uma menor área classificada em excesso, utilizando o algoritmo MÉDIA K implementado para dois canais. Entretanto, a análise conjunta de todos os Índices mostra que o algoritmo MAXVER apresentou um melhor desempenho de classificação.

#### 4.2.5 - RESULTADO OBTIDO COM O ACRÉSCIMO DE UMA CLASSE DE SOLO PREPARADO NA UTILIZAÇÃO DO ALGORITMO MAXVER

Numa tentativa de melhorar a classificação do tema solo preparado para plantio foi criada, para o módulo 1, uma terceira classe com amostras de treinamento obtidas nas áreas de solo preparado que não foram classificadas nas duas classes anteriores. As amostras de treinamento para esta classe foram tomadas em solos Aluviais, em Hidromórficos e em áreas em pousio (áreas que vão ser utilizadas para plantio mas que se encontram momentaneamente com ervas daninhas) situadas em Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro, fase arenosa.

O resultado final da classificação é mostrado na Tabela 4.9.

TABELA 4.9

RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DO MÓDULO 1, EM ha, UTILIZANDO O ALGORITMO MAXVER COM TRÊS CLASSES DE SOLO PREPARADO

<div>I-100 CAMPO</div>	SOLO PREP.	OUTROS	TOTAL
SOLO PREP.	12798	2226	15024
OUTROS	567	22811	23378
TOTAL	13365	25037	38402

#### 4.2.6 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS UTILIZANDO O ALGORITMO MAXVER COM 2 E 3 CLASSES DE SOLO PREPARADO

Pela comparação da Tabela 4.9 com a Tabela 4.3, que contém os resultados da classificação do Módulo 1 utilizando o algoritmo MAXVER com apenas duas classes de solo preparado, observa-se que o acréscimo da terceira classe de solo preparado acarretou um aumento de 90 ha na área classificada em excesso pelo IMAGE-100. Toda esta alteração no resultado ocorreu devido à amostragem tomada para esta nova classe.

A obtenção de amostras de treinamento em áreas de solo preparado situadas em solos Aluviais e Hidromórficos deve ser evitada quando estes não predominam na área de estudo. Com as amostras tomadas nestes solos o algoritmo incluiu também áreas de drenagem deficiente e água como pertencentes à nova classe.

As áreas em pousio situadas em Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro, em sua maioria, assemelham-se espectralmente às áreas com pastagem degradada, muito comuns na região no período seco do ano. A utilização de amostras de treinamento tomadas nestas áreas para a terceira classe de solo preparado, fez com que o algoritmo incluísse nesta classe as áreas de pastagem degradada.

O desempenho da classificação dos resultados obtidos utilizando o algoritmo MAXVER (Tabelas 4.3 e 4.9) são confrontados na Tabela 4.10).

Pela análise da Tabela 4.10 observa-se que o acréscimo de uma classe de solo preparado, obtida com amostras coletadas em solos Hidromórficos, Aluviais e áreas em pousio, não acarretou melhorias no resultado final.



TABELA 4.10

DESEMPENHO DA CLASSIFICAÇÃO UTILIZANDO O ALGORITMO MAXVER  
COM DUAS E TRÊS CLASSES DE SOLO PREPARADO

MAXVER ÍNDICES	2 CLASSES	3 CLASSES
Pa(%)	85,22	85,18
EI(%)	3,59	4,24
EO(%)	14,78	14,82
DR(%)	-11,60	-11,04
DS(%)	39,12	39,12

4.3 - RESULTADOS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL UTILIZANDO DIAPOSITIVOS

4.3.1 - VERIFICAÇÃO DA EVOLUÇÃO DE ÁREAS PREPARADAS PARA PLANTIO

Os resultados da interpretação visual de solo preparado para plantio, utilizando a técnica de diapositivos, foram obtidos do Módulo 1, na escala 1:103.261, correspondentes às passagens de 21/jun/79, 01/set/79 e 21/nov/79.

Através do mapa apresentado no Apêndice C verifica-se a existência de modificações das áreas de solo preparado a partir do mês de junho. Neste mês a área era equivalente a 8.309 ha, passando a 11.873 ha no mês de setembro, ou seja, exatamente 72 dias após a primeira observação. Este fato é devido aos acréscimos das novas áreas de solo preparado, bem como das áreas ocupadas com cana nova. Cabe aqui salientar que as áreas de cana nova têm resposta espectral semelhante às áreas de solo preparado, quando detectadas através de dados orbitais.

Para o mês de novembro, 80 dias após a segunda observa  
ção, a área de solo preparado se mantém quase que inalterada, apresen  
tando um valor de 11.670 ha. .

Através dos dados multitemporais é possível verificar a  
dinâmica das áreas agrícolas. Como exemplo, alguns talhões de cana adul  
ta que ocorriam no mês de junho sofreram corte, sendo interpretados co  
mo solo preparad<sup>o</sup> no mês de setembro. No mês de novembro, ou seja 152  
dias após a passagem de junho, estes talhões de cana que estavam em fa  
se de crescimento com suas áreas foliares cobrindo quase totalmente a  
superfície do solo eram distintos do tema Solo Preparado (Ver áreas as  
sinaladas no Apêndice C).

Com base nesta dinâmica realizou-se a soma das áreas pre  
paradas que existiam em setembro e o incremento de áreas observado no  
mês de novembro. A soma das áreas preparadas é justificada em razão da  
época de preparo do solo, para grande parte das culturas anuais, ser  
de setembro a novembro, conforme pode ser visto na Tabela 4.11. A área  
ocupada com solo preparado resultante desta soma foi avaliada em 16.078  
ha.

TABELA 4.11

DISTRIBUIÇÃO MENSAL DO PLANTIO DAS PRINCIPAIS CULTURAS  
EXISTENTES NA ÁREA DE ESTUDO

CULTURA	DISTRIBUIÇÃO MENSAL (%)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ALGODÃO	0,05	0,31	0,05	0,04	0,04	0,04	0,12	0,70	4,67	86,38 <sup>+</sup>	7,40	0,11
AMENDOIM	0,62	11,66	1,30	0,03	0,10	0,08	0,61	2,84	27,16 <sup>+</sup>	52,81 <sup>+</sup>	2,52	0,14
ARROZ	0,32	0,18	0,11	0,17	0,18	0,08	0,31	1,28	9,24	58,33 <sup>+</sup>	28,05 <sup>+</sup>	1,67
CANA	16,33 <sup>+</sup>	33,51 <sup>+</sup>	15,69 <sup>+</sup>	2,89	1,00	1,39	0,92	1,56	5,73	14,18 <sup>+</sup>	3,03	2,42
LARANJA	1,28	1,01	0,68	1,28	5,48	5,08	12,18 <sup>+</sup>	7,96 <sup>+</sup>	7,02 <sup>+</sup>	7,60 <sup>+</sup>	6,54	6,61
MILHO	0,26	0,16	0,14	0,07	0,07	0,25	0,61	2,83	14,29 <sup>+</sup>	64,54 <sup>+</sup>	15,63 <sup>+</sup>	1,05
SOJA	0,20	0,05	0,09	0,04	0,45	0,06	0,02	0,37	1,62	29,20 <sup>+</sup>	65,73 <sup>+</sup>	1,96

(+) Meses de maior concentração

FONTE: Fundação Getúlio Vargas (1980)

4.3.2 - INTERPRETAÇÃO VISUAL DE DIAPOSITIVOS VERSUS FOTOGRAFIAS AÉREAS

O resultado comparativo entre as interpretações visuais dos diapositivos referentes aos Módulos 1 e 2, que contêm os dados de satélite obtidos na data de 01/set/79 e os diapositivos obtidos fotografando o mapa-base original da data de 06/set/79, pode ser observado nos Apêndices D e E. Por meio deste resultado comparativo, tem-se uma idéia da qualidade de interpretação visual de solo preparado utilizando a técnica de diapositivos. Verifica-se que o erro de inclusão está associado às bordas dos talhões em decorrência principalmente da resolução do sistema e dos diferentes tipos de distorções geométricas encontrados nos dados de satélite bem como nas fotografias aéreas.

No caso do erro de omissão um fator que contribuiu para seu aumento foi a defasagem de 05 dias existente entre a passagem do satélite e o levantamento aéreo. Neste período houve modificações espectrais nos alvos em decorrência do caráter dinâmico que se verifica em época de preparo de solo; como consequência alguns talhões não foram identificados nos dados do satélite, sendo incluídos como erro de omissão.

#### 4.4 - RESULTADOS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS IMAGENS RBV

Com base na interpretação visual das imagens RBV, na escala 1:100.000, não foi possível a identificação e definição dos limites das áreas de solo preparado para plantio, existentes em Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro. Isto devido a problemas da faixa de atuação (505 a 750 nm) das imagens RBV.

Deve-se destacar que na faixa do infravermelho próximo situa-se a característica básica que permite a identificação de áreas preparadas para plantio, visto que o óxido de ferro existente nas duas classes de solo estudadas favorece, segundo Rowan (1972), a absorção na faixa do infravermelho próximo, resultando em níveis de cinza mais escuros na imagem do canal 7 do MSS.

As áreas de solo preparado aparecem nas imagens RBV com um tom de cinza médio, confundindo-se espectralmente com outros alvos (áreas ocupadas com culturas, pastagens). Isto tornou impossível a utilização do RBV para a definição deste alvo, mesmo considerando a maior resolução geométrica do RBV em relação ao MSS.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES

De posse dos resultados obtidos no desenvolvimento da metodologia para avaliação de áreas de solo preparado para plantio, utilizando dados orbitais do LANDSAT, chegou-se às seguintes conclusões:

- 1) O algoritmo que alcançou melhor desempenho na avaliação de áreas preparadas para plantio, através de dados LANDSAT tratados automaticamente, foi o MAXVER que apresentou índices de 85,22% de classificação correta para o Módulo 1 e 81,18% para o Módulo 2.
- 2) O acréscimo de uma terceira classe de Solo Preparado para Plantio tomando amostras de treinamento em solos que não predominam na área de estudo (Aluviais e Hidromórficos) e em áreas em pousio acarretou um acréscimo do erro de inclusão.
- 3) Os temas Citrus Novo e Cana Nova foram incluídos no tema Solo Preparado para Plantio devido a pouca cobertura que eles mantêm sobre o solo, não influenciando espectralmente a nível orbital.
- 4) Com a utilização de dados obtidos em três datas (21/jun/79, 01/set/79 e 21/nov/79) tornou-se possível fazer um acompanhamento da dinâmica das áreas agrícolas, acompanhando o crescimento do número de áreas preparadas para plantio e a evolução do corte da cana no período decorrido entre estas datas.
- 5) Os alvos que se confundiram com solo preparado para plantio nos resultados obtidos durante o tratamento automático dos dados LANDSAT da área de estudo foram: massas d'água, áreas com pastagem degradada, áreas urbanas e áreas em pousio. Estes alvos

contribuíram para diminuir a percentagem de classificação correta do tema Solo Preparado para Plantio.

- 6) A interpretação visual da área de estudo utilizando a técnica de projeção de diapositivos permitiu reduzir significativamente o tempo gasto no IMAGE-100, além de oferecer um produto colorido em escala mais adequada do que os apresentados normalmente em papel, não causando, ainda, distorções ou perda de informações dos dados.
- 7) Através das imagens RBV não foi possível identificar as áreas de solo preparado existentes em Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Roxo assim como definir seus limites, em decorrência da sensibilidade espectral dos sensores do sistema RBV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUER, M.E.; CIPRA, J.E.; ANUTA, P.E.; ETHERIDGE, J.B. Identification and area estimation of agricultural crops by computer classification of LANDSAT MSS data. *Remote Sensing of Environment* 8(1):77-92, 1979.
- BAUMGARDNER, M.F.; HENDERSON JUNIOR, A. *Mapping soils, crops and rangelands by machine analysis of multitemporal ERTS-1 data*. West Lafayette, IN, Purdue University, 1973. (LARS information note 121173).
- BOER, T.A.; BUNNIK, N.J.J.; KASTEREN, H.W.J.; VENK, D.; VERHOEF, W.; LOOR, G.P. Investigation into the spectral signature of agriculture crops during their state of growth. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 9., Ann Arbor, MI, 1974. *Proceedings*. Ann Arbor, ERIM, 1974. v.2, p. 1441-1455.
- BOWERS, S.A.; HANKS, R.J. Reflection of radiant energy from soils. *Soil Science*, 100(2):130-138, 1965.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro de Pesquisas Agronômicas. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo*. Rio de Janeiro, 1960. 634 p. (Boletim 12).
- BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.G. *Natureza e propriedade dos solos*. 4. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1976.
- CARVALHO, V.C. *Apresentação de uma sistemática para a análise de da dos multiespectrais*. São José dos Campos, INPE, abr. 1978. (INPE-1227-NTÉ/115).
- CAVALCANTI, L.A. *Correção radiométrica dos dados enviados pelo sistema MSS do satélite ERTS*. São José dos Campos, INPE, dez. 1975. (INPE-786.NTI/039).
- CIPRA, J.E.; SWAIN, P.H.; GILL, J.H.; BAUMGARDNER, M.F.; KRISTOF, S.J. Definition of spectrally separable classes for soil survey research. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 8., Ann Arbor, MI, 1972. *Proceedings*. Ann Arbor, ERIM, 1972. v.1. p. 765-770.

CONDIT, H.R. The spectral reflectance of american soils.

*Photogrammetric Engineering*, 36(9):955-966, Sept. 1970.

CROWN, P.H.; PAWLUK, S. Spectral signatures from selected soils in the Edmonton-Vegreville area. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 2., Guelph, ON, 1974. *Proceedings*. Ottawa, ON, Canadian Remote Sensing Society, v.2, p. 449-462.

EAGLEMAN, J.R. Moisture detection from SKYLAB. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT. 9., Ann Arbor, MI, 1974. *Proceedings*. Ann Arbor, ERIM, 1974, v.1, p. 693-700.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. *Distribuição e sazonalidade da produção agrícola*. Rio de Janeiro, 1980.

GAUSMAN, H.W.; GERBERMAN, A.H.; WIEGAND, C.L.; LEAMER, R.W.; NORIEGA, H.W.; RODRIGUEZ, R.R. Reflectance differences between crop residues and bare soils. *Soil science Society of America Proceedings*, 39(4):752-755, July/Aug. 1975.

GENERAL ELECTRIC COMPANY. *Image-100 interactive multispectral image analysis sistem, user manual*. Daytona, 1975.

HENDERSON, F.M. Local farm practices: problems or clues for agricultural remote sensing? *Journal of Soil and Water Conservation*, 29(4):178-182, 1974

HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. *Estabelecimento de metodologia para avaliação de povoamentos florestais artificiais, utilizando-se dados do LANDSAT*. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1978. (INPE-1271-TPT/089).

LEPSCH, I.F. *Solo: formação e conservação*. São Paulo. Melhoramentos, EDUSP, INL, 1976. (Série Prisma-Brasil).

MYERS, V.I.; ALLEN, W.A. Eletrooptical remote sensing methods as nondestructive testing and measuring techniques in agriculture. *Applied Optics*, 7(9):1819-1838, Sept. 1968.



ORIGINAL PAGE IS  
OF FRONT MATTER

NEWTON, R.W.; LEE, S.L.; ROUSE JUNIOR, J.W.: On the feasibility of remote sensing with microwave sensor. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 9., Ann Arbor, MI, 1974.

*Proceedings.* Ann Arbor, ERIM, 1974, v.1, p. 725-738.

ROWAN, L.C. Near-infrared iron absorption bands: applications to geologic mapping and mineral exploration. In: ANNUAL EARTH RESOURCES PROGRAM REVIEW, 4., Houston, TX, 1972. Houston, TX, NASA, 1972, v.3, p. 60-1 - 60-18.

SWAIN, P.H.; DAVIS, S.M. *Remote Sensing: the quantitative approach.* New York, McGraw-Hill, 1978.

VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema MAXVER; manual do usuário.* São José dos Campos, INPE, jul. 1978. (INPE-1315-NTI/110).

WESTIN, F.C.; LEMME, G.D. LANDSAT spectral signatures: studies with soil associations and vegetation. *Photogrammetric Engineering*, 44(3):315-325, Mar. 1978.

YANASSE, C.C.F.; FONSECA, L.B. *Uso de amostragem com fotografias aéreas na estimativa de áreas cultivadas.* Dissertação de Mestrado em Análise de Sistema e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1978. (INPE-1281-TPT/091).

ORIGINAL PAGE IS  
OF FRONT MATTER

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

APÊNDICE A

MAPA-BASE QUE MOSTRA O RESULTADO DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS  
FOTOGRAFIAS AÉREAS PARA O MÓDULO 1

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ESPACIAL  
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS



ORIGINAL PAGE 13  
OF POOR QUALITY

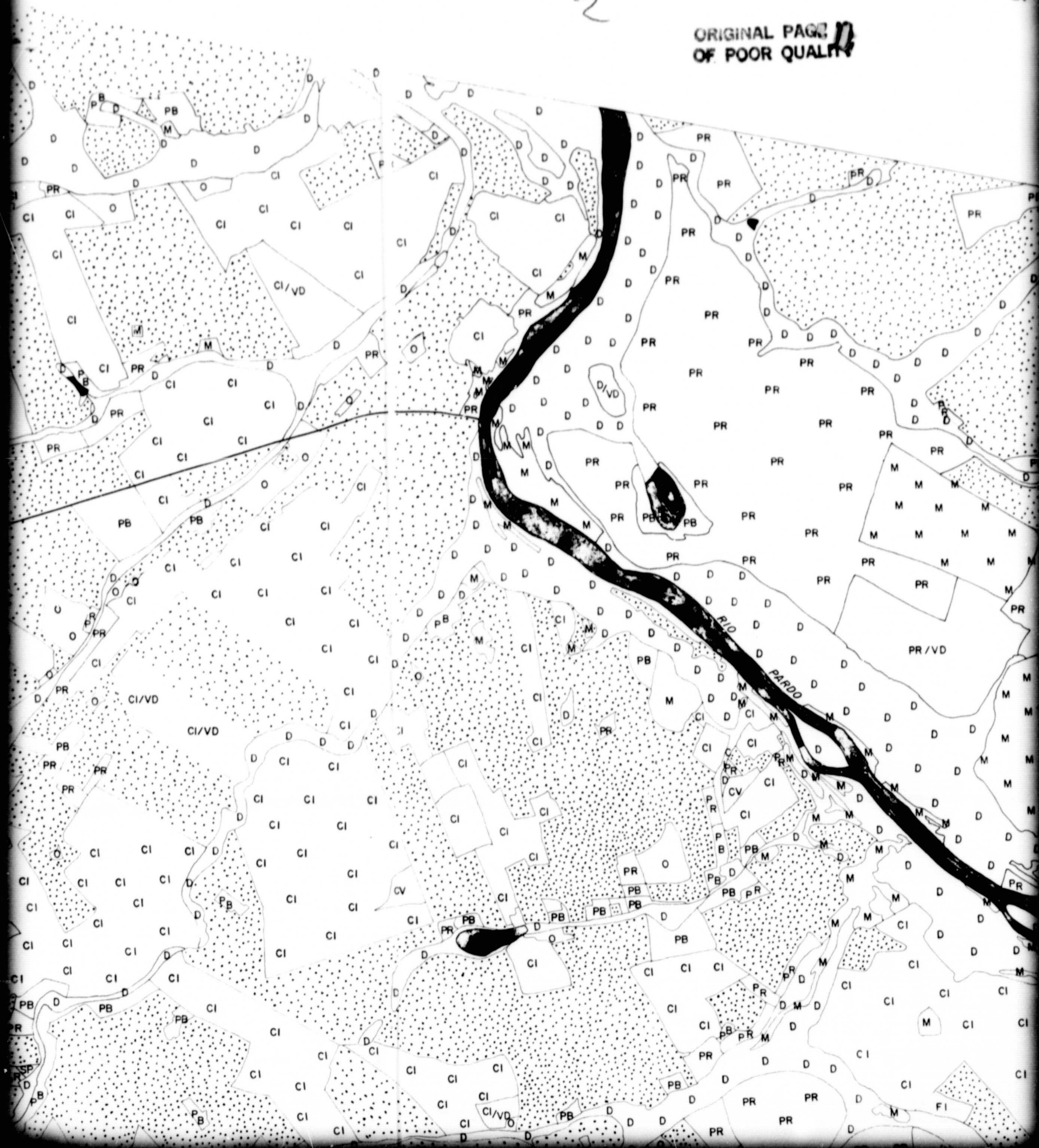
SOLO PREFARADO

FOLDOUT FRAME

2

ORIGINAL PAGE 14  
OF POOR QUALITY

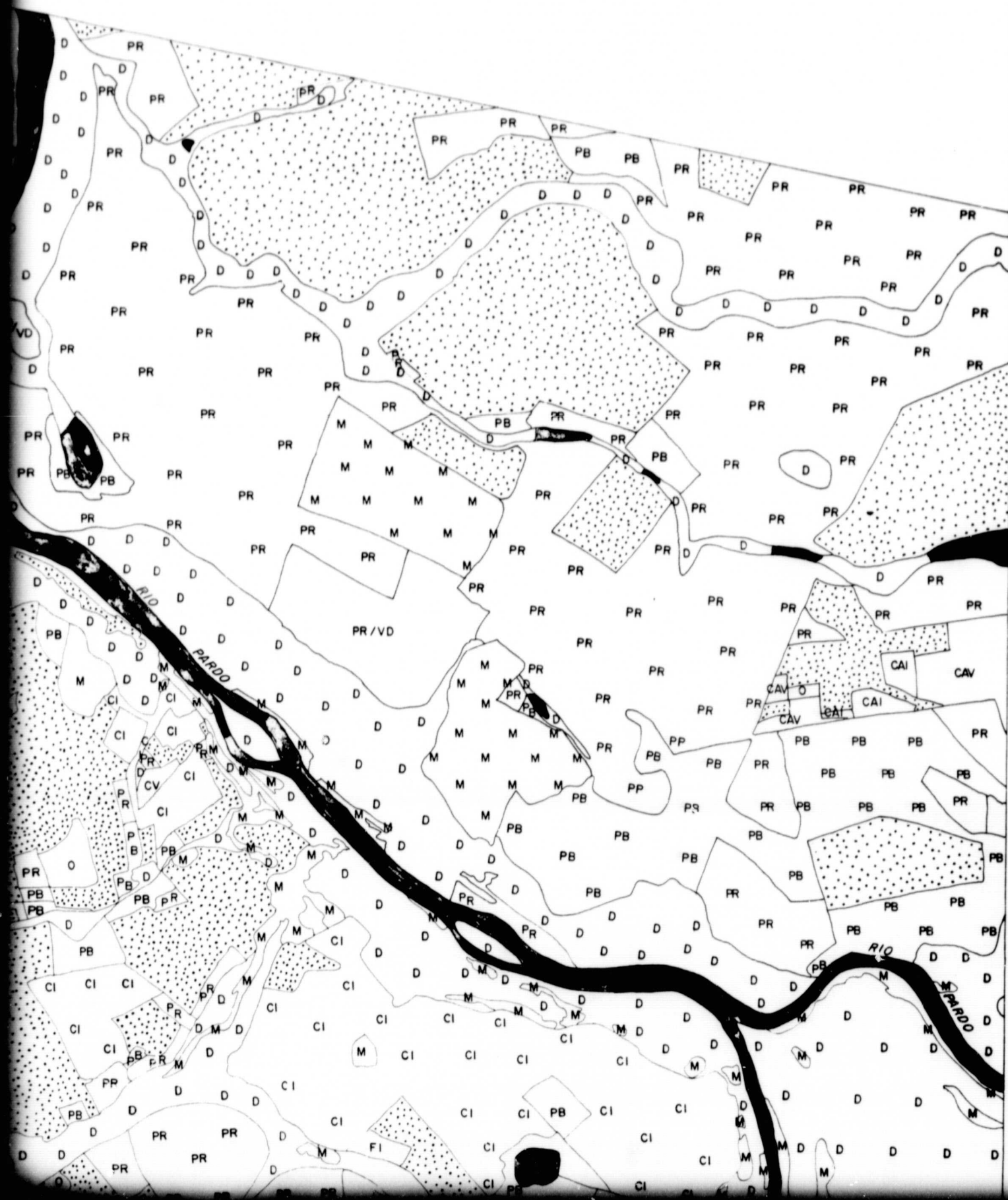
OR  
OF



ORIGINAL PAGE  
OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE  
OF POOR QUALITY

FOLDOUT FRAME









FOLDOUT FRAME

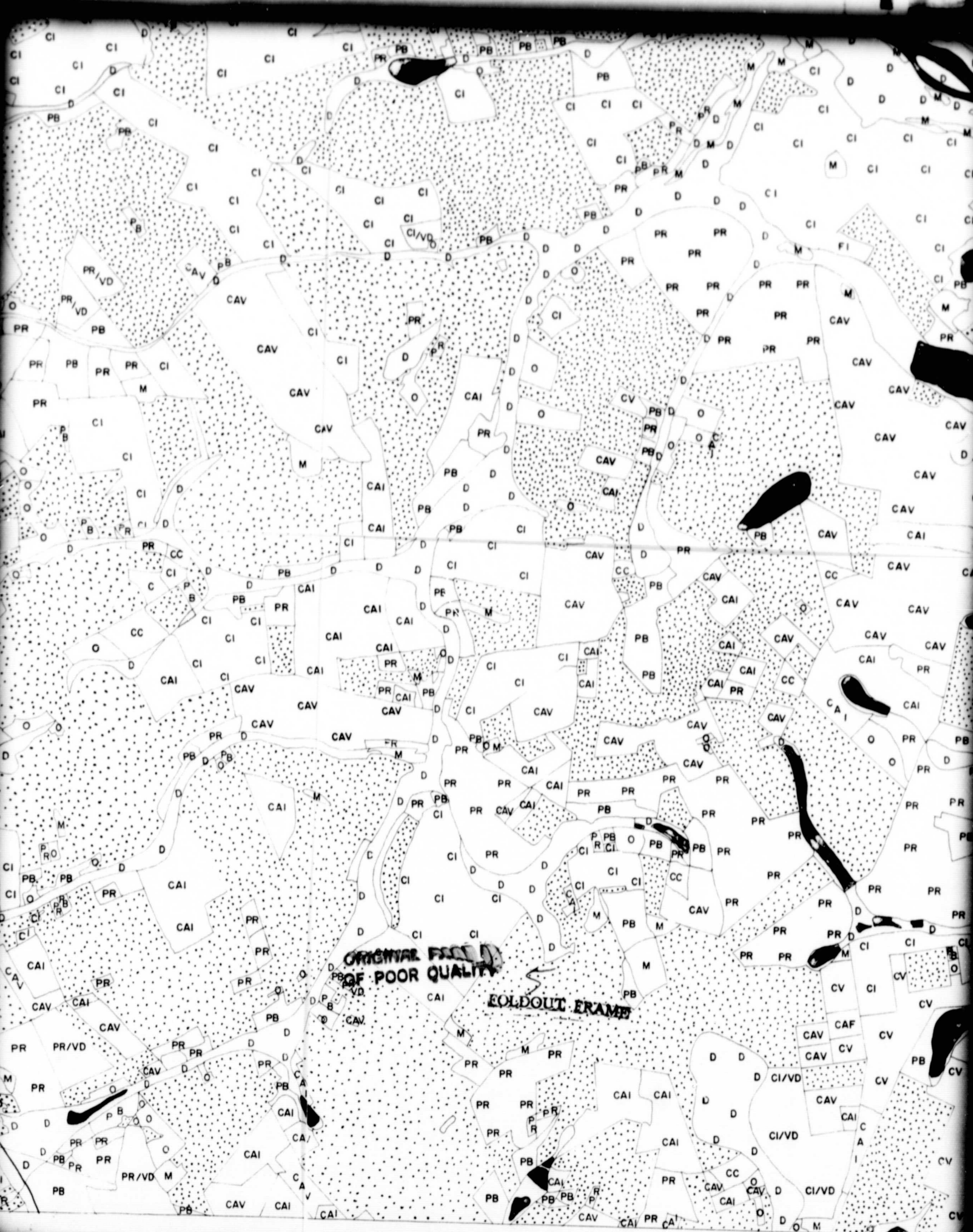
ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

FOLDOUT FRAME

LEGENDA TEMÁTICA

- |   |  |
|---|--|
|  Solo preparado para plantio |  Citrus intermediario |
|  Cava cortada                |  Citrus adulto        |

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

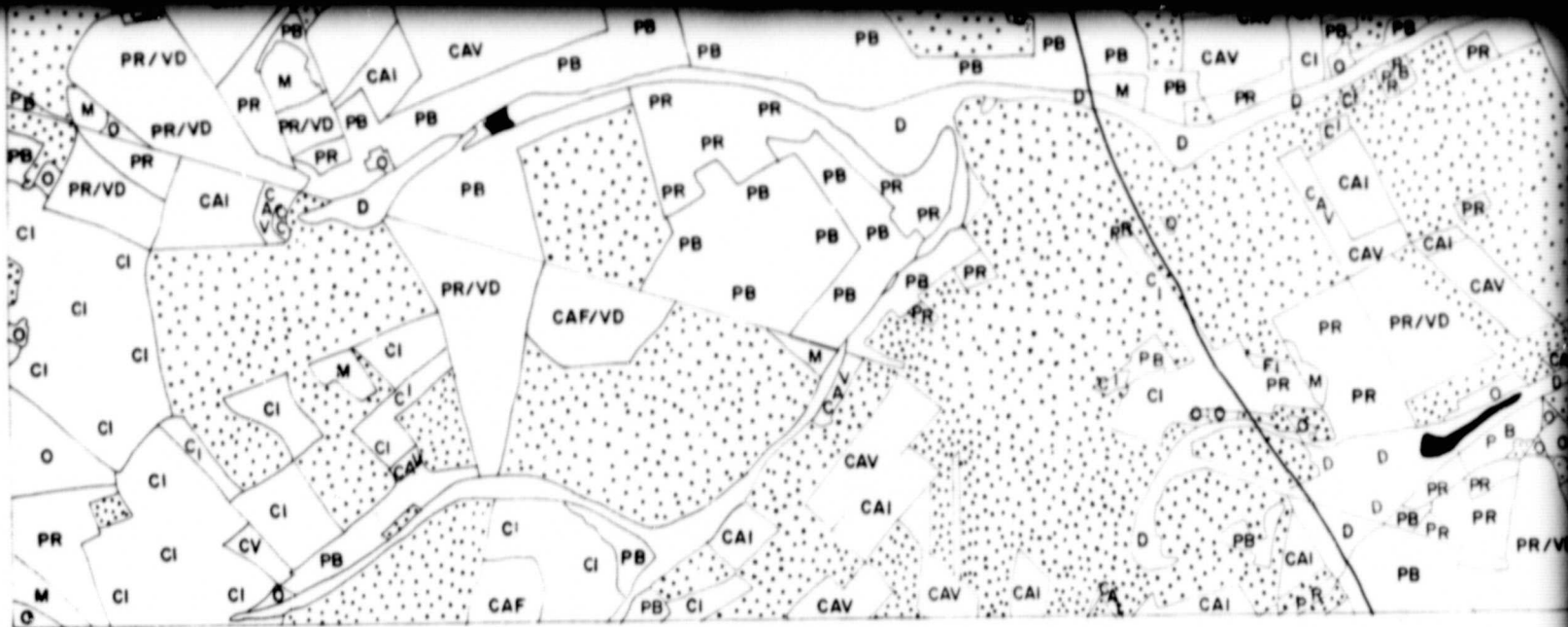


SOLO PREPARADO PARA PLANTIO









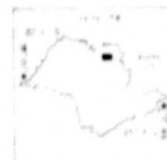
# LEGENDA TEMÁTICA

Solo preparado para plantio	Citrus intermediário
Cane cortada	Citrus adulto
Cane intermediária	Posto bom
Cane adulta	Posto ruim
Café novo	Mata
Café intermediário	Água
Café adulto	Cidade ou lagoadoiro
Área de drenagem deficiente	Outros

ORIGINAL PAGE  
OF POOR QUALITY

FOLDOUT FRAME

COBERTURA LANDSAT E  
SITUAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO





SOLO PREPARADO PARA PLANTIO  
NA DIRA - RIBEIRÃO PRETO - SP

EOLDOUT FRAME

8

ESCALA 1:20 000



BASE NÃO - CONTROLADA

DADOS TÉCNICOS

Aquisição de imagens  
Serviço de Campo  
Processamento  
Desenho

Ser 79  
Ser/Out 79  
Out/Rev 79  
Rev 81



INDICE U

INDICE	FAIXA
1	0
2	1
3	2
4	3
5	4
6	5
7	6
8	7
9	8
10	9



ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

Este mapa foi construído a partir da interpretação  
de fotografias aéreas infravermelhas false color e  
Carta do Brasil 1:50 000

FRAME

FRAME  
PAGE  
QUALITY

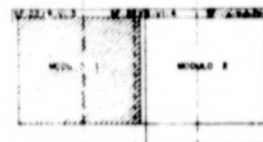


#### ÍNDICE DA COBERTURA

ROLO	FOLHA	MADEIRA
01	8586	8594
02	8609	8616
03	8617	8624
04	8567	8573
05	8543	8550
06	8531	8538
07	8507	8514

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

#### ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



Mapa preparado pela Divisão de Aeronáutica e Topografia  
de Dados - Seção de Aeronáutica e Topografia

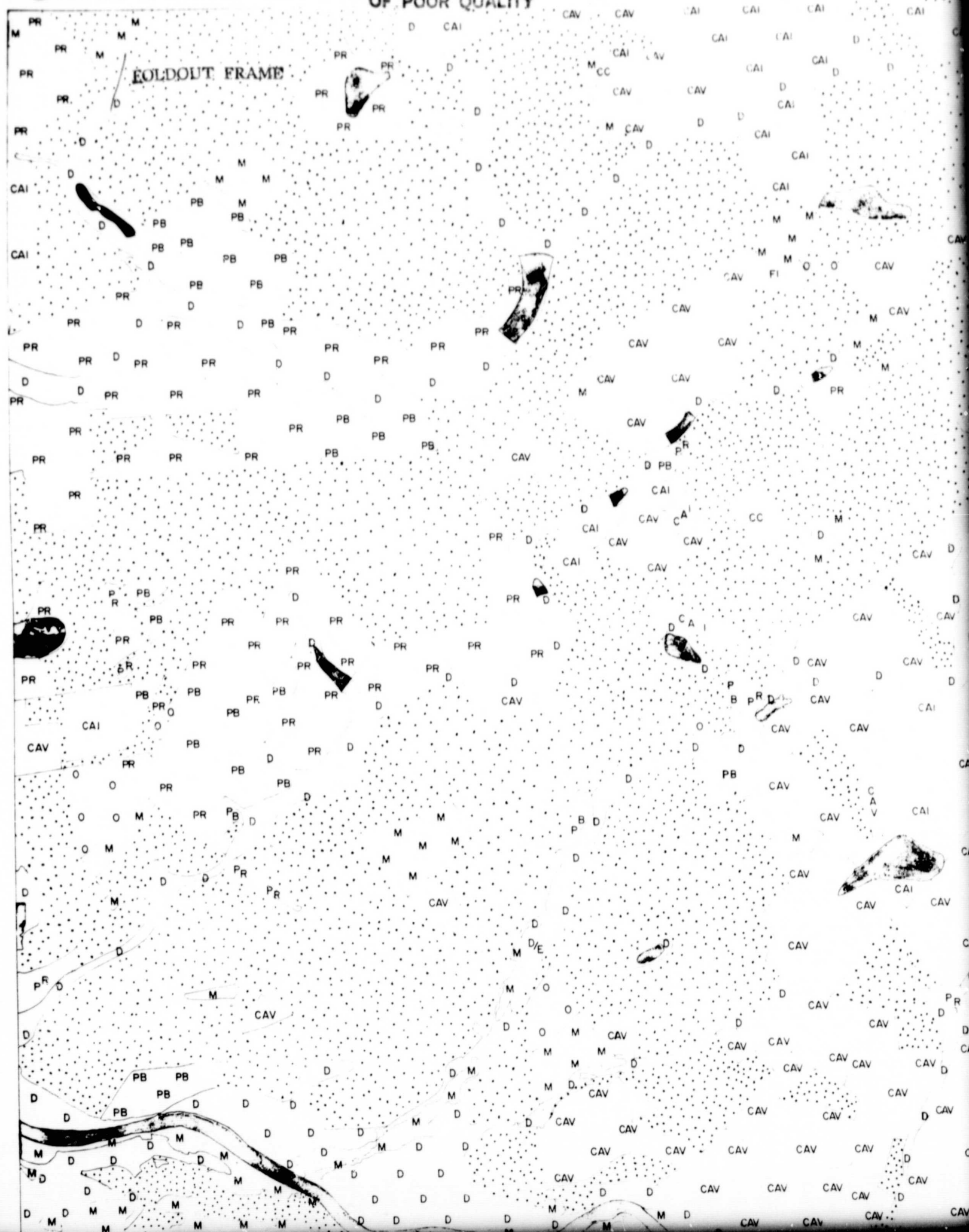
FOLDOUT FRAME

9

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

APÊNDICE B

MAPA-BASE QUE MOSTRA O RESULTADO DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS  
FOTOGRAFIAS ÁREAS PARA O MÓDULO 2



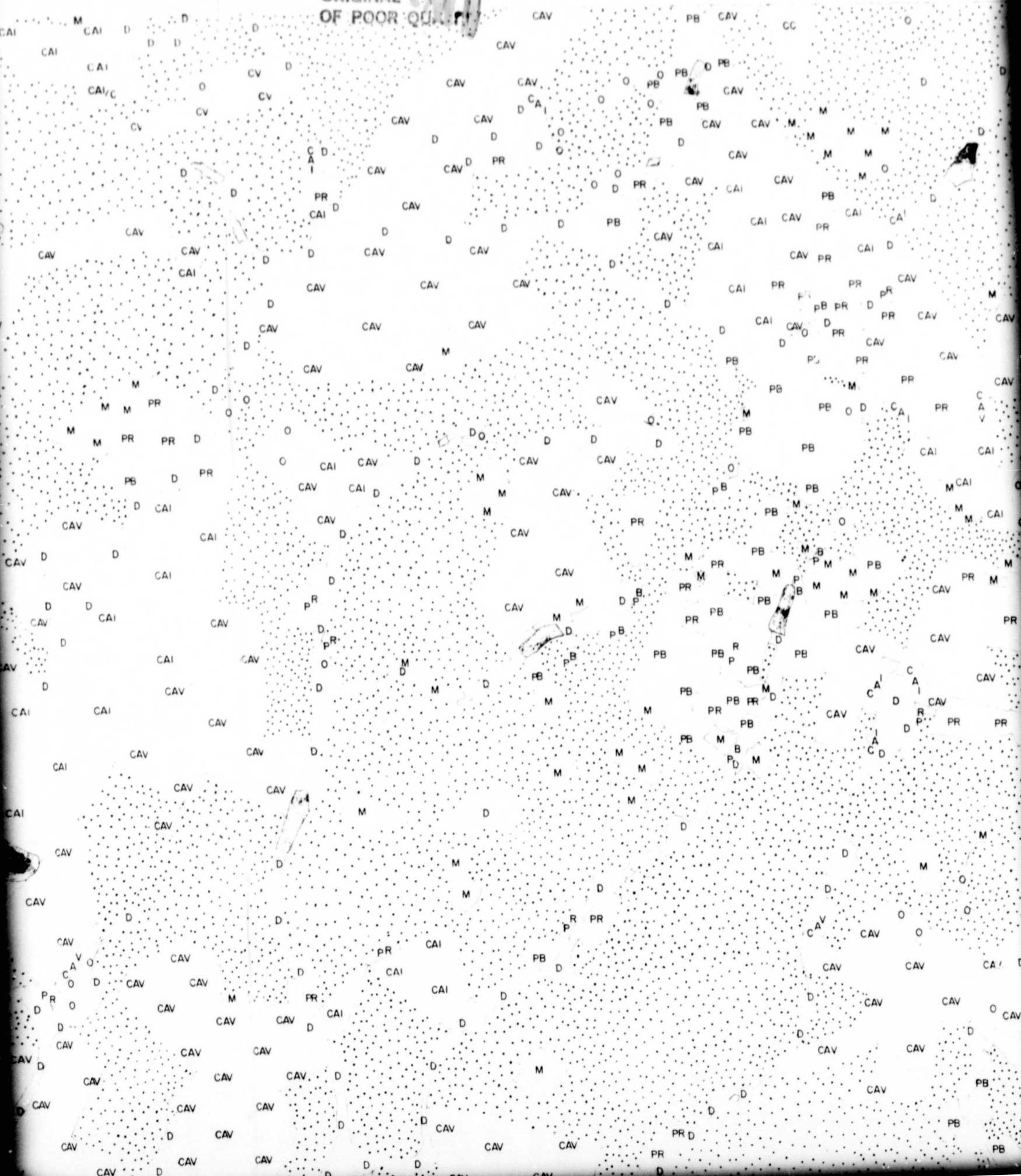


SOLO PREPARADO

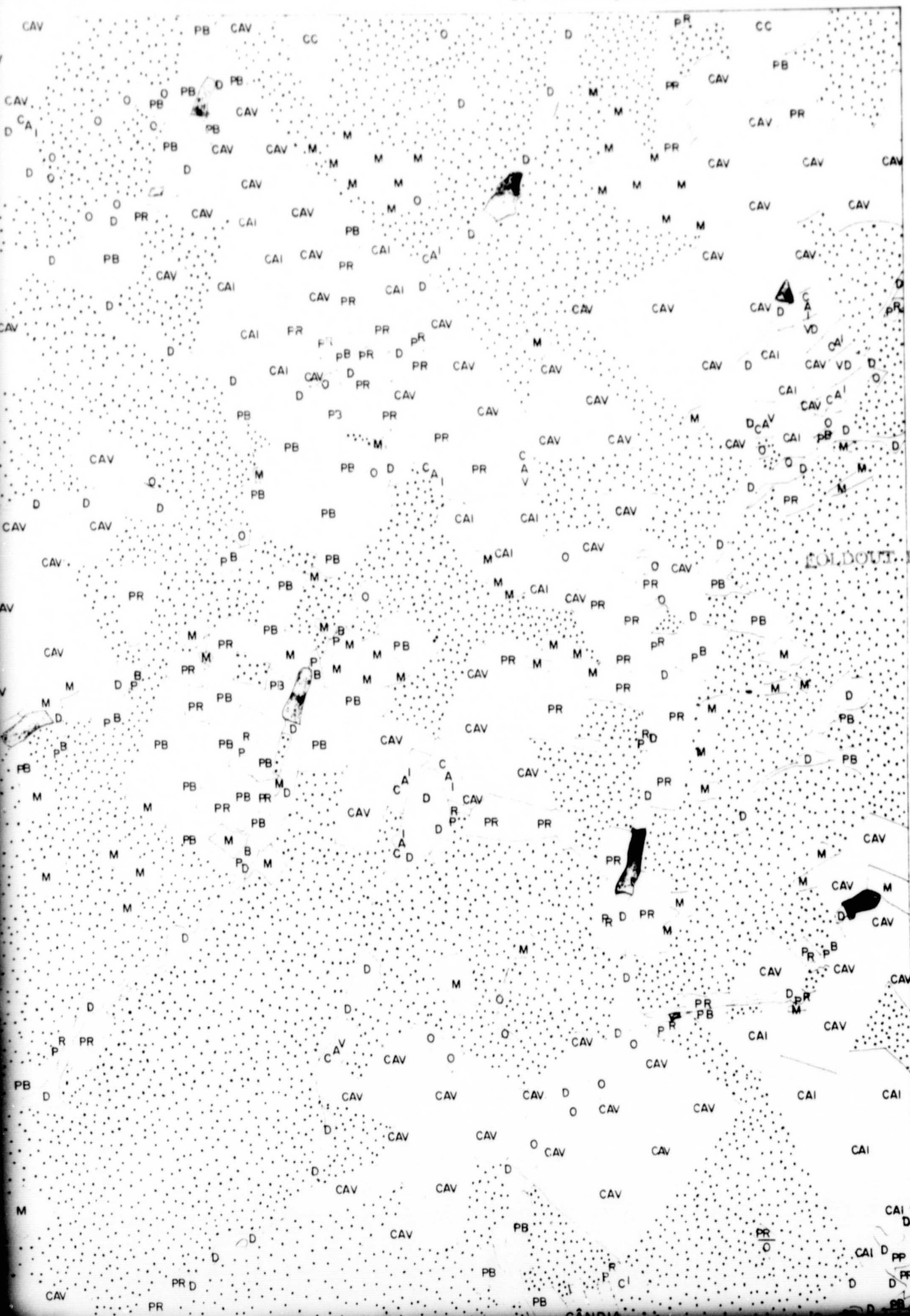
ORIGINAL  
OF POOR QUALITY

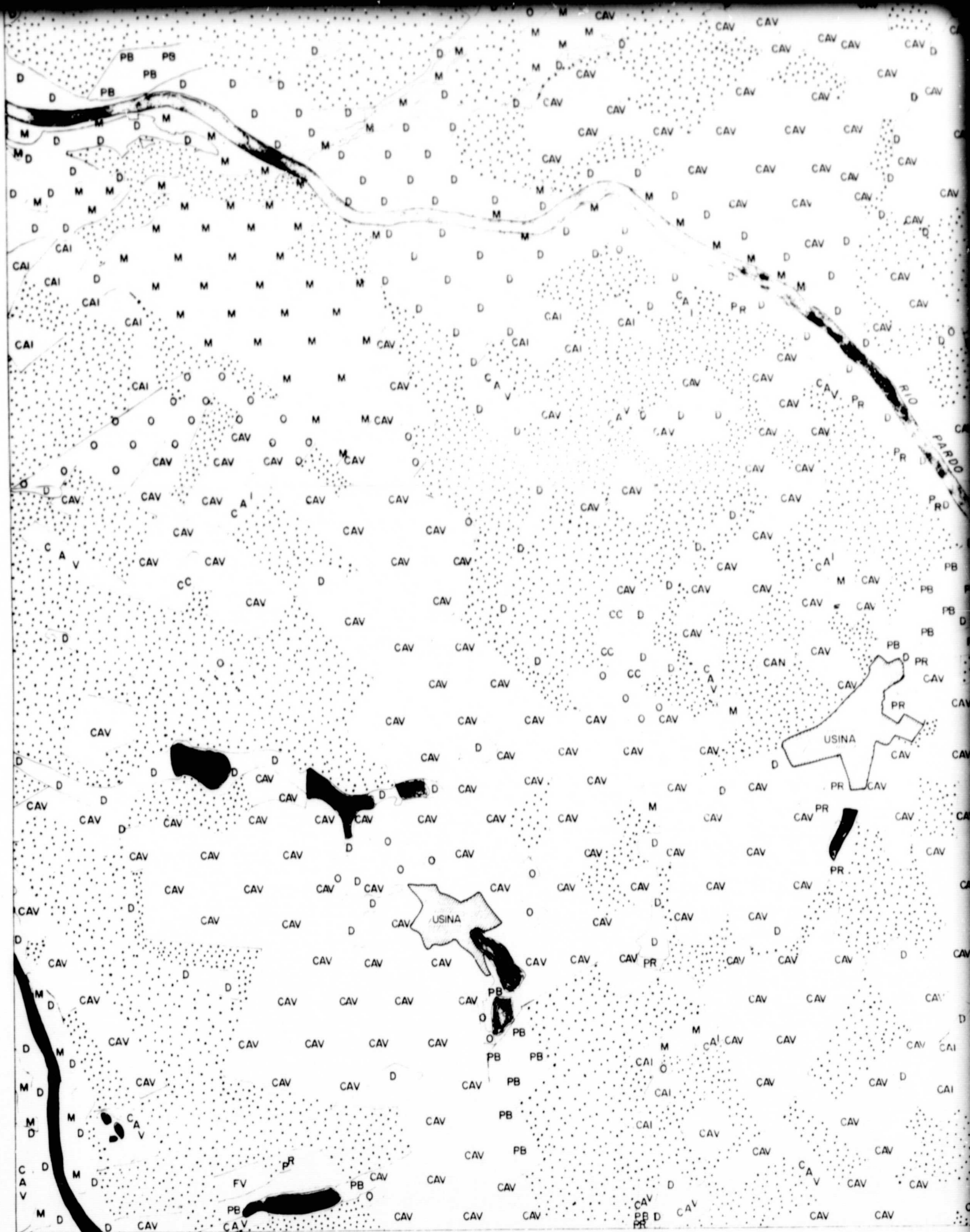
2 FOLDOUT FRAME

ORIG  
OF P



**CÂNDIA**  
MÓDULO - 2





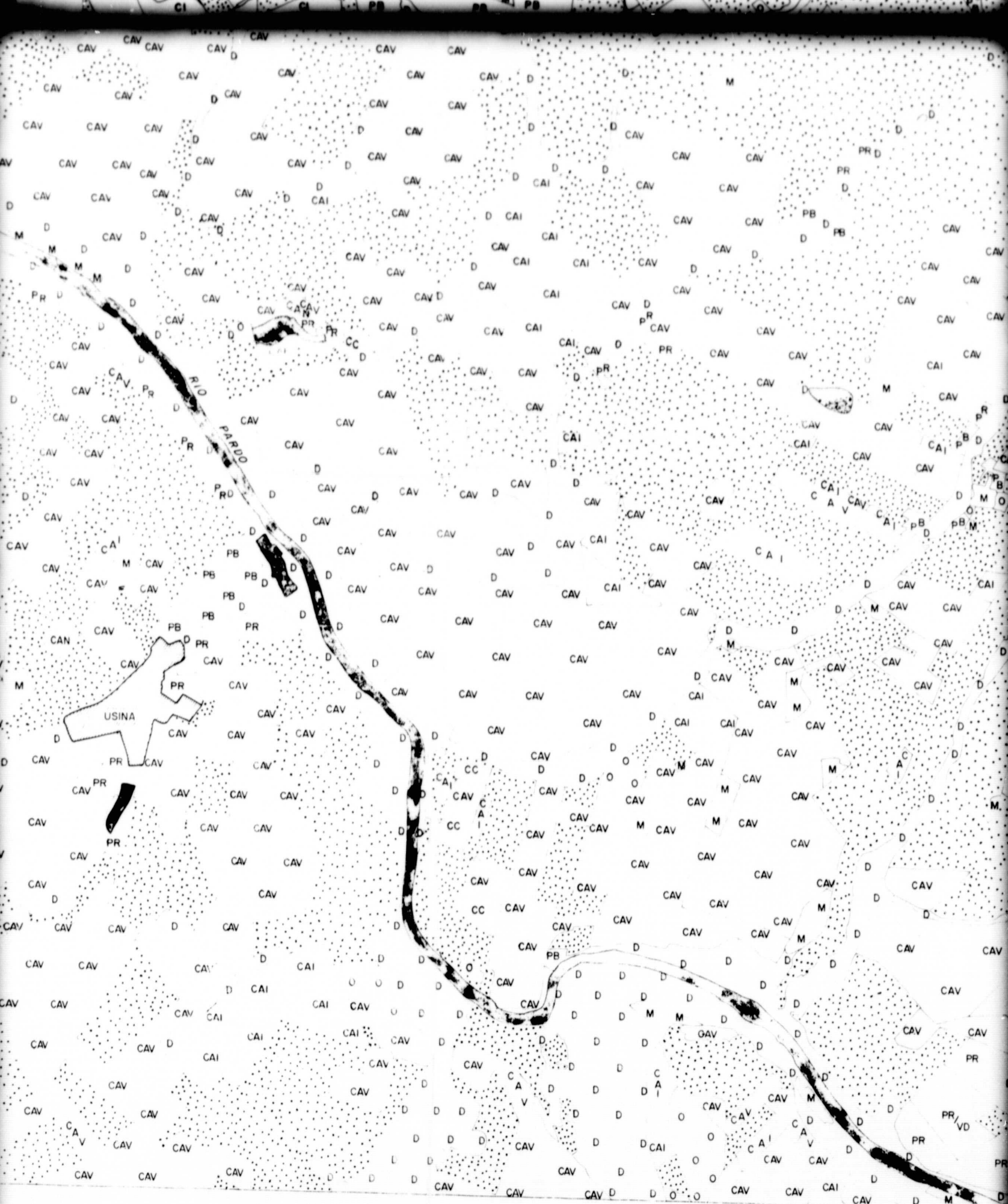
FOLDOUT FRAME

ORIGINAL PAGE 10  
OF POOR QUALITY

LEGENDA TEMÁTICA

☐ Solo preparado para plantio
 ☐ Citrus intermediária



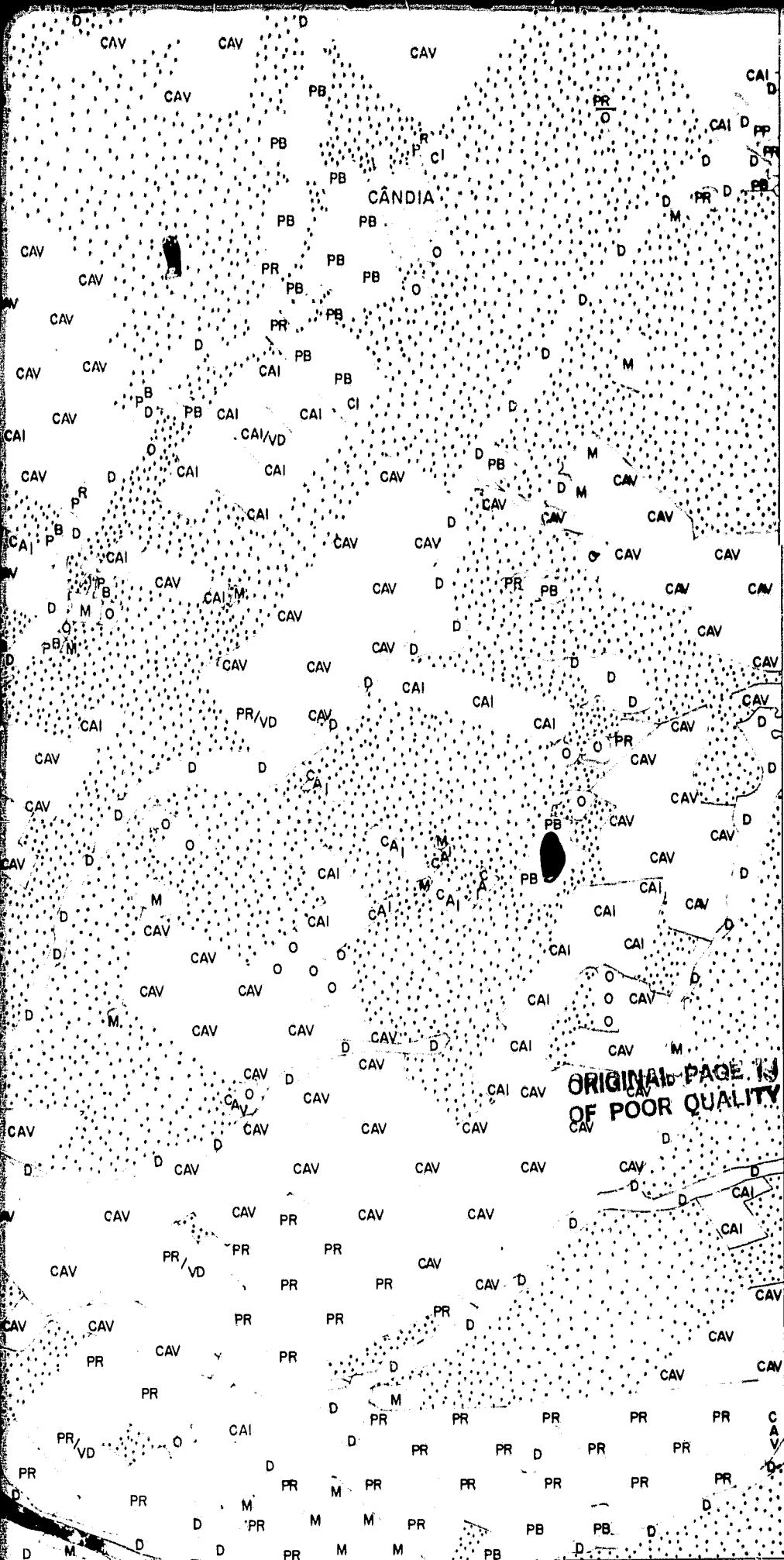


SOLO PREPARADO PARA PLANTIO  
NA DIRA - RIBEIRÃO PRETO - SP

FOLDOUT FRAME  
ORIGINAL PAGE  
OF POOR QUALITY

ESCALA 1:20 000

NO



ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY

Este mapa foi construído a partir da interpretação  
de fotografias aéreas infravermelhas falsa-cor e  
Carta do Brasil 1:50.000

6 GOLDOUT FRAME

COBERTURA LANDSAT E  
SITUAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO

**8 FOLIOLET FRAME**

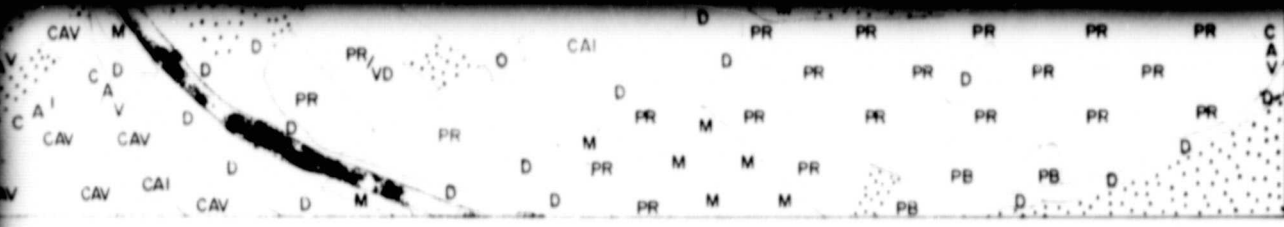
H4

INDICE DA

### DADOS TÉCNICOS

## FOLDOUT FRAME

## FOLDOUT FRAME



FOLDOUT FRAME

Este mapa foi construido a partir da interpretação de fotografias aéreas infravermelhas falso-cor e Carta do Brasil 1:50 000



FOLDOUT FRAME

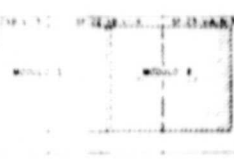
NQ

ÍNDICE DA COBERTURA

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

COBERTURA	LEGENDA
1	Área de cultivo
2	Área de pastagem
3	Área de floresta
4	Área de cerrado
5	Área de mata
6	Área de campo
7	Área de lago
8	Área de rio

ORIGINAL PAGE  
OF POOR QUALITY



Mapa preparado pelo Centro de Atuação e Treinamento de M&A - Seção de Análise e Apoio Cartográfico

9

FOLDOUT FRAME

U. S. AIR FORCE  
OFFICE OF THE  
JOINT CHIEFS OF STAFF

APÊNDICE D

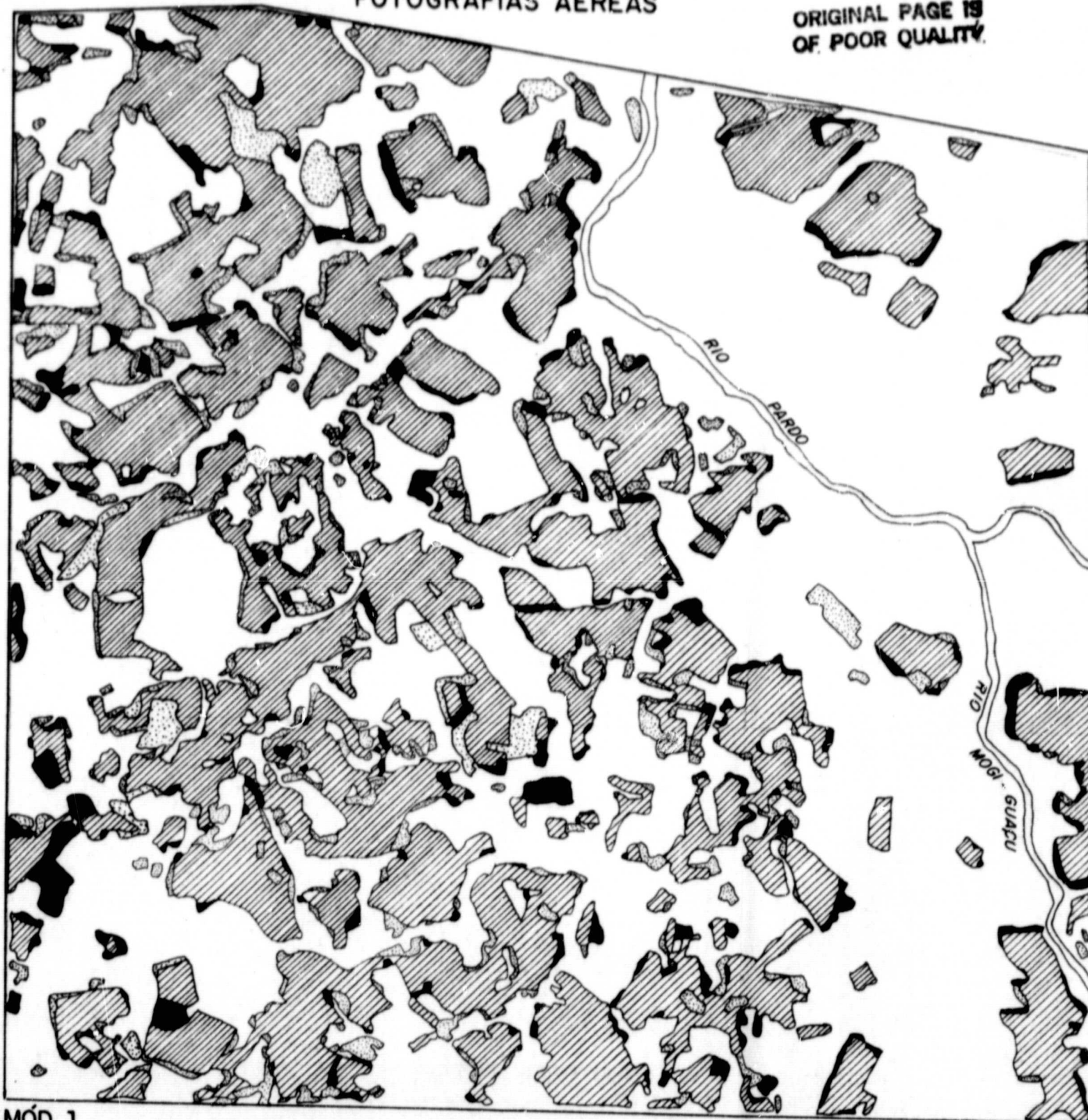
RESULTADO COMPARATIVO ENTRE AS INTERPRETAÇÕES VISUAIS DO DIAPOSITIVO  
E DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS PARA O MÓDULO 1

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED




RESULTADO COMPARATIVO ENTRE AS  
INTERPRETAÇÕES VISUAIS DO DIAPOSITIVO E DAS  
FOTOGRAFIAS AÉREAS

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY



MÓD. 1

LEGENDA

-  ÁREAS INTERPRETADAS CORRETAMENTE
-  ERRO DE OMISSÃO
-  ERRO DE INCLUSÃO



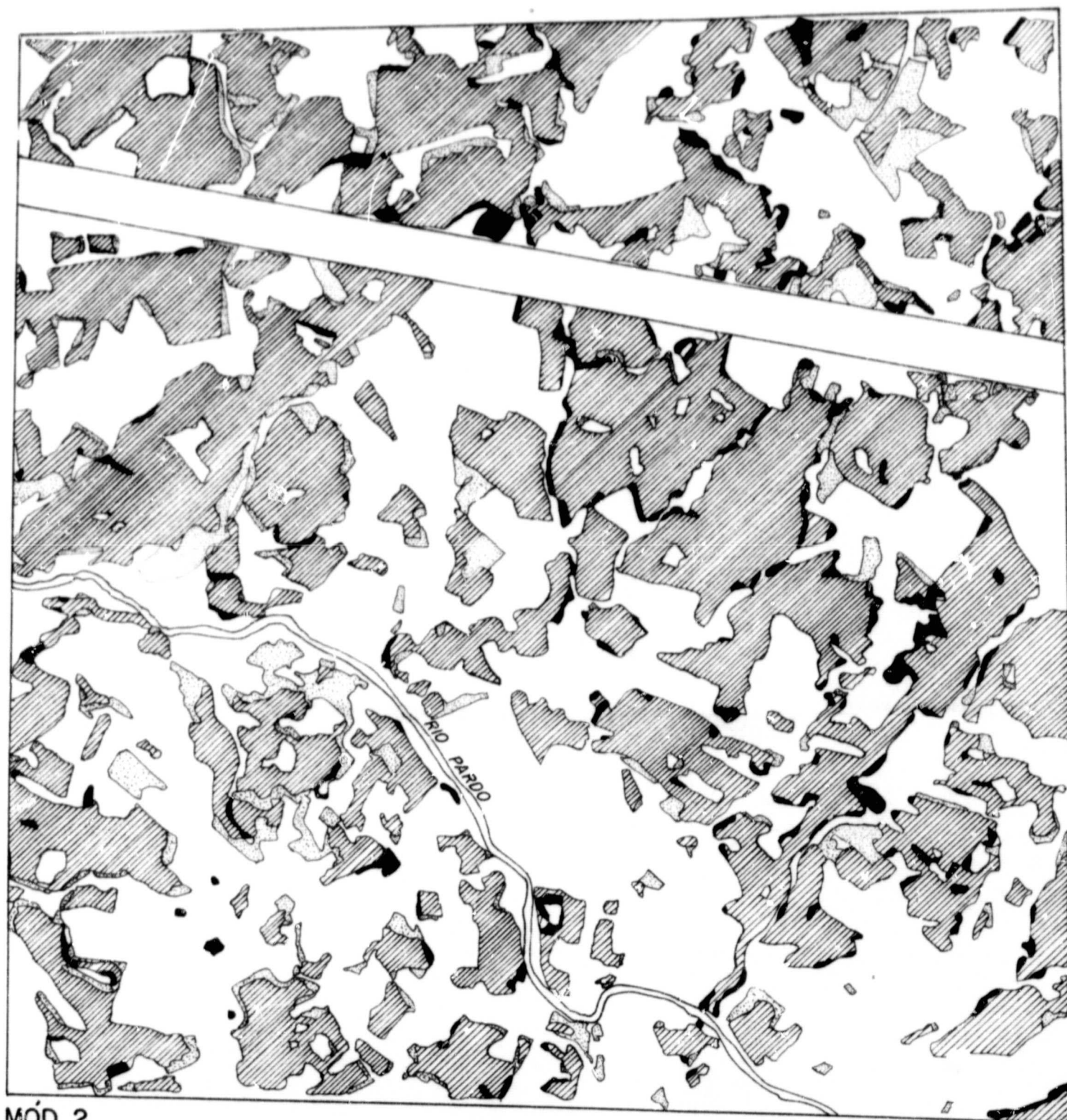
APÊNDICE E

RESULTADO COMPARATIVO ENTRE AS INTERAÇÕES VISUAIS DO DIAPOSITIVO E  
DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS PARA O MÓDULO 2



RESULTADO COMPARATIVO ENTRE AS  
INTERPRETAÇÕES VISUAIS DO DIAPOSITIVO E DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY



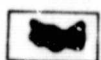
LEGENDA



ÁREAS INTERPRETADAS CORRETAMENTE



ERRO DE OMISSÃO



ERRO DE INCLUSÃO